بسم الله الرحمن الرحيم

مجلس الشهادة الثانوية العالية

الأمـــانة العـــامـــة

العلـــوم

الفــــــــــــيزياء

(خواص المادة والحرارة - الكهربية - الضوء)

إعــــداد الأســـــاتذة :

الدكتور/ عزالدين عبدالرحيم مجذوب

الأستاذ/ بابكـــر محمـــد عبدالقـــادر

المراجعـــة اللغــــوية :

الأستاذ/ محمد إسماعـيل البيلي

التصميم والإخراج الفني :

الأستاذ/ طارق فاروق عبدالله هارون

جمــــع كمــــبيوتـــر :

الأستاذ/ معاوية عبدالله نجار

المحتويات

بسم الله الرحمن الرحيم

تصـــدير :

يسر الأمانة العامة للشهادة الثانوية العالمية أن تصدر هذا الكتاب ضمن سلسلة كتب مفردات الشهادة الثانوية العالمية تسهيلاً للطلاب الذين سيجلسون للامتحان لدراسة هذه المقررات والتعرف على مفرداتها .

إن إصدار هذه السلسلة من الكتب تطلب مجهوداً كبيراً ، حيث عكفت مجموعة من الأساتذة المختصين على صياغة المقررات وفق البناء المنهجي الذي أقره مجلس الشهادة الثانوية في اجتماعه بالخرطوم بتاريخ ٢٠٠١/١٠/٢م ، وحيث إن هؤلاء الأساتذة لم يدخروا وسعاً في التأليف والمراجعة والتمحيص لمادة الكتاب ، فإننا نأمل أن تكون معيناً للطلاب في مزيد من التحصيل والمعرفة .

والأمانة العامة إذ تصدر هذه الكتب تعد بأن يستمر جهدها في التنقيح والتجويد والتجديد لمزيد من ترقية الأداء وتطويره حتى يكتمل مشروع انتشار هذه الشهادة التي تهدف إلى توسيع رقعة المعرفة وزيادة عدد العارفين .

تتقدم الأمانة العامة بجزيل شكرها للأخوة الأساتذة الذين سكبوا عصارة تجاربهم في مجال التعليم في هذه المؤلفات ونسأل الله أن يتقبل جهدهم وينفع به طلاب العلم ويعمر به رحاب الدنيا علماً وتقوى إنه ولي ذلك والقادر عليه .

د. كمال محمد عبيد

الأمين العام

للشهادة الثانوية العالمية

٣ يناير ٢٠٠٢م

مُقَدِّمَة:

الحمد لله والصلاة والسلام على رسول الله ﷺ

استكمالاً للخطة التي وضعها مجلس الشهادة الثانوية العالمية في نشر التعليم العام بين أبناء المسلمين يسرنا أن نضع بين يدي الدارس هذا الكتاب .

تناول الكتاب دراسة خواص المادة والحرارة والكهربية بالإضافة إلى الضوء . كما اشتمل أيضاً على الكثير من الرسومات التوضيحية التي نأمل أن تزيد من إيضاح المادة العلمية . كما اشتمل أيضاً على الأمثلة المحلولة ومجموعة كبيرة من الأسئلة والتمارين .

ولأن الفيزياء في الأساس علم تجريبي يعتمد على الملاحظة والقياسات الدقيقة لاستنباط القوانين والنظريات الشاملة التي تساعد على فهم وتفسير الظواهر الطبيعية لذا فقد زُوِّد الكتاب بمجموع من النشاطات العملية التي نأمل أن يجد الدارس متعة في إجرائها.

ونحن إذ نقدم هذا الجهد المتواضع الذي لا ندعي له الكمال نأمل أن تصلنا الآراء والمقترحات ممن يهمهم الأمر من الدارسين أو المعلمين حول هذا الكتاب سعياً وراء التطوير والتجويد الذي تعتمد عليه بلادنا الإسلامية في نموها وتقدمها التقني والاقتصادي .

وختاماً نسأل الله أن يجزي كل من ساعدنا في إخراج هذا الكتاب خير الجزاء ، ونسأله تعالى أن يوفقنا جميعاً لما فيه الخير والنفع لأوطاننا .

المؤلفان

١٢- ١: الوحدة الأولى

خواص المادة

خواص المادة

يتنــاول هــذا الفــرع مــن الفيزيــاء دراســة الظــواهر الفيزيائيــة للأجـسام فـــي حجمهـــا الـــذي تبـــدو فيـــه فـــي الحيـــاة وبتحديـــد صـــلة تلـــك الظـــواهر بـــالتكوين الجـــزيء للمـــادة ، وهـــو فـــرع وصـــفي فـــي بدايتـــه ولا يكتمـــل فـــي مبحثــه إلا بالالتحــام مــع فــروع الفيزيــاء الأخــرى فــي مــستوياتها المتقدمــة . ولمعرفــة المزيــد عــن تركيــب الجــسم المــادي يمكــن إجــراء النــشاطات الآتيــة :

نشاط (١) :

أسكب قطر ة من أي عطر ثم أنتظر فترة مناسبة وأختبر وجود رائحة العطر في أي موضع من الغرفة ، تلاحظ أن رائحة العطر انتشرت في جميع أنحائها. ويمكن تفسير هذا بأن الجزيئات المكونة للعطر في حالة حركة مستمرة تمكنها من الانتشار .

نشاط(٢) :

أضــف حجمــاً معينــاً مــن الكحــول إلــي حجــم آخــر مــن المــاء فــي مخبــار مــدرّج ، تلاحــظ أن حجــم الخلــيط أقــل مــن مجمــوع حجمــي الــسائلين ، يفــسر هــذا الــنقص بوجــود فراغــات بــين جزيئــات المــاء تتخللهــا بعــض جزيئــات الكحــول ممــا يــدل علــي أن جزيئــات المــادة لا تكــون متلاصــقة وإنمــا يفــصل بعــضها عــن الــبعض مــسافات صــغيرة تعــرف بالمــسافات الجزيئية .

نشاط(٣) :

حـــاول تجزئـــة قطعـــة مـــن الـــصلب تجـــد أن ذلـــك يحتـــاج لآلات معينـــة وبـــذل قـــوة كبيـــرة حـــاول تجزئـــة مقـــدار مـــن المـــاء فـــي كـــوب فـــي عـــدة

أكواب أخري تجد أن ذلك يتم بسهولة يفسر هذا بأن قوى التماسك بين جزيئات الصلب أكبر من قوى التماسك بين جزيئات الماء .
ومن النشاطات السابقة يمكن التوصل إلي بعض الفروض المتعلقة بتركيب المادة والتي تعرف بفروض النظرية الجزيئية.

النظرية الجزيئية للمادة :

(١) تتركب المادة أيًّاً كانت صلبة أو سائلة أو غازية من دقائق متناهية في الصغر تعرف بالجزيئات . والجزيء هو أصغر جزء من المادة يمكن أن يوجد في حالة انفراد وتتضح فيه كل صفات المادة وخواصها .

(٢) جزيئات المادة الواحدة متشابهة وتختلف جزيئات مادة عن جزيئات مادة أخري.

مثلاً جزيئات الخشب متشابهة ولها خواص الخشب وجزيئات اللبن من نوع واحد ولها خواص اللبن ،ولكن جزيئات الخشب تختلف عن جزيئات اللبن .

(٣) جزيئات المادة في حالة حركة مستمرة .حركة جزيئات المواد الصلبة أقل ما يمكن وحركة جزيئات السوائل أكثر قليلاً وحركة جزيئات الغازات أكبر ما يمكن .

(٤) تزداد حركة الجزيئات بارتفاع درجة حرارة الجسم ،فبتسخين السائل تزداد حركة جزيئاته إلي الحد الذي يتيح لها ترك السائل علي هيئة بخار .

(٥) توجد بين جزيئات المادة مسافات فاصلة تعرف بالمسافات الجزيئية ، وهي صغيرة جداً في حالة المواد الصلبة ، أكثر قليلاً في السوائل ، أكبر ما يمكن في حالة الغازات

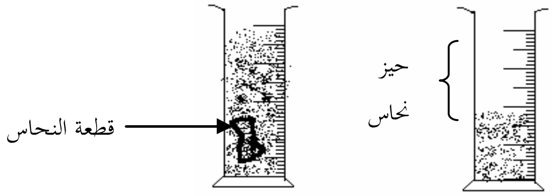
(٦) توجد قوة جذب متبادلة بين جزيئات المادة تعرف بقوي التماسك الجزيئية (cohesive force) وهي كبيرة جداً في المواد الصلبة ، وصغيرة في السوائل ،وأصغر ما يمكن في الغازات .

(٧) توجد قوة جذب متبادلة بين جزيئات مادة وجزيئات مادة أخري تعرف بقوي الالتصاق (Adhesive force) مثل القوي التي تربط بين جزيئات الطباشير والسبورة.

الصفات العامة للمادة :

تشترك المواد الصلبة والسائل والغازية في الصفات الآتية:

١) الحيز :



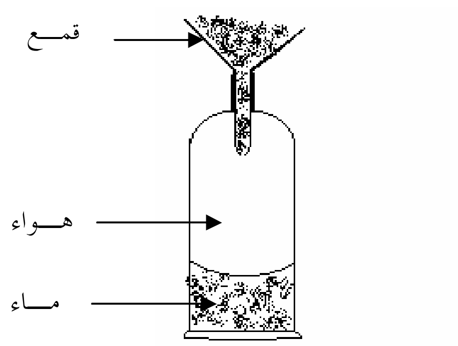
شكل (١)

نشاط (١) :

ضع مقداراً مناسباً من الماء في مخبار مدرج ولاحظ دلالته ،ثم أغمر قطعة من النحاس في الماء (أو أي مادة صلبة لا تذوب في الماء)، تجد أن سطح الماء يرتفع لأعلي مما يدل علي أن قطعة النحاس شغلت جانباً من حيز المخبار المدرج كما في الشكل (١) .

نشاط (٢) :

حاول ملء زجاجة من الماء مستخدماً قمعاً ، تجد أن الماء لا يدخل إلي الزجاجة إلاّ إذا رفع القمع من حين لآخر حتي يسمح للهواء الذي يشغل حيز الزجاجة بالخروج ، وعندئذ يدخل الماء ليحل محل الهواء الذي خرج كما في الشكل (٢):



شكل (٢)

من النشاطين أعلاه تجد أن المادة (صلبة ، سائلة ، كانت أو غازية) تشغل حيزاً من الفراغ .

٢) **عدم التداخل** :

نشاط (١) :

أذب مقداراً من ملح الطعام في مقدار مناسب من الماء ثم سخن المحلول حتي الغليان واستمر في التسخين حتي يتبخر الماء ويبقي في النهاية ملح الطعام وبهذه الكيفية يتم فصل جزيئات الملح التي كانت مذابة في الماء .وهذا يدل علي أن جزيئات المادة المذابة لا تتداخل مع جزيئات المادة المذيبة وإنما تنتشر بين الفراغات الموجودة بينها.

نشاط (٢) :

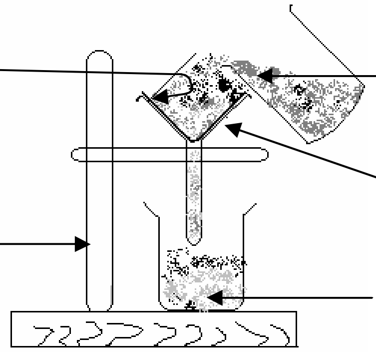
أخلط قليلاً من الرمل مع قليل من برادة الحديد ثم قرّب مغنطيساً من الخليط ، تجد أن برادة الحديد تنفصل بسهولة من حبات الرمل . مما يدل علي أن جزيئات الرمل لم تتداخل مع جزيئات الحديد.

من النشاطين أعلاه تجد أن: جزيئات مادة ما لا تتداخل مع جزيئات مادة أخري .

(٣) المسامية :

نشاط (١):

أسحق قطعة من الطباشير وضع المسحوق في الماء لتحصل ع
ثم صبه فوق ورقة ترشيح في قمع واستقبل الرشيح في كأس الوحدة الأولى : (خواص المادة)
(صافياً) مما يدل علي أن ورقة الترشيح بها مسام تسمح بنفاذ جزيئات الماء ولا تسمح بنفاذ دقائق الطباشير كما في الشكل (٣).



شكل (٣)

نشاط (٢) :

ضع بلورات من ثاني كرومات البوتاسيوم في كأس به مـــاء ولاحـــظ أن لـــون ثـــاني كرومات البوتاسيوم (البرتقالي) يأخذ في الانتشار تدريجياً في المـــاء ممـــا يـــدل علـــي أن جزيئات ثاني كرومات البوتاسيوم انتـــشرت خـــلال المـــسام الـــتي تفـــصل بـــين جزيئات الماء .

نشاط (٣) :

أسكب قطرة من العطر في الغرفة ولاحظ أن رائحة العطر تنتشر بسرعة في جميع أنحـــاء الغرفة مما يدل علي أن جزيئات العطر قد تخللت المسام التي تفصل بين جزيئات الهواء.

من النشاطات السابق يتضح أن: المادة (صلبة، سائلة أو غازية) مسامية .

(٤) قابلية التجزئة :

نشاط (١) :

ضع بلورة من كبريتات النحاس في كأس به ماء ، تشاهد أن اللـــون الأزرق لكبريتـــات النحاس يأخذ في الانتشار تدريجياً في الماء دلالة علي أن بلورة كبريتات النحـــا س قـــد تفككت إلي جزيئات منتشرة في الماء .

نشاط (٢) :

حاول تجزئة مقدار من الماء أو أي سائل آخر في عدة أكواب تجد أن ذلك يتم بسهولة.

ومن البديهي أن قابلية الغازات للتجزئة كبيرة جداً كما يظهر في إمكان شق طريقنـــا في الهواء بسهولة جداً .

(٥) القصور الذاتي:

عند وضع قطعة معدنية علي نضد أفقي نجد أن القطعة المعدنية تظل ساكنة في موضعها ما لم يؤثر عليها مؤثر خارجي ، ولا تستطيع من تلقاء نفسها أن تغير من حالتها ..خاصـــية احتفاظ الجسم بحالته تعرف بالقصور الذاتي .

من المشاهدات اليومية التي تظهر فيها خاصية القصور الذاتي : انـــدفاع الراكـــب في السيارة للأمام إذا توقفت عن الحركة فجأة.

أسئلة وتمارين:

(١) ما هي المادة؟ وما هي حالتها ؟

(٢) أذكر أربعاً من الخواص العامة للمادة .

(٣) أعط مثالاً من الحياة اليومية بأن المادة تمتاز بخاصية القصور الذاتي .

(٤) علّل لما يأتي :

٢أ/ المواد الصلبة أكثر تماسكاً من المواد السائلة .

ب/ الغازات أكثر قابلية للأنضغاط من المواد الصلبة والسائلة .

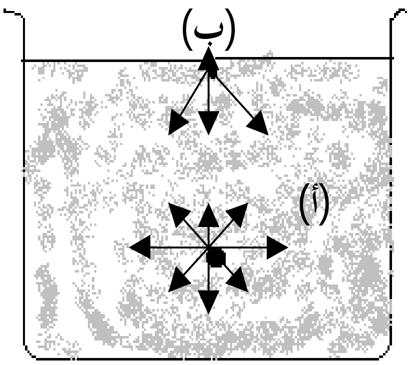
ج/ عند ذوبان قطعة من السكر في كوب من الماء فأن الزيادة في حجم السائل تكون أقل من حجم قطعة السكر .

التوتر السطحي للسائل

نشاط:

أملأ كأساً بالماء ثم ضع علي سطحه ورقة ترشيح عليها دبوس صغير ثم أنتظر فترة مـــن الزمن . ماذا تشاهد؟ هل تغوص ورقة الترشيح ؟ وهل يغوص الدبوس معها أم يستقر علي سطح الماء ؟

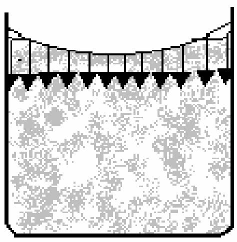
يمكنك من هذا النشاط أن تتوصل إلي أن سطح السائل الساكن يبدو متماسكاً ومشدوداً كما لو كان غشاءً مرناً .



شكل (٤)

إن لسطح السائل خاصية وهـــي كونـــه سطحاً متماسكاً مشدوداً ، تعرف هذه الخاصية بالتوتر السطحي أو الـــشد الـــسطحي. ومـــن الطبيعي أن تتساءل عن سبب توتر سطح السائل الساكن وهنا لابد من اللجوء إلي فروض النظرية الجزيئية للمادة ... لنتصور الآن جزيئين (أ) ليكن في باطن السائل، (ب) علي سطح السائل كما في الشكل (٤) .

فالجزيء (أ) ينجذب إلي كل جزيء من جزيئـــات الـــسائل الأخرى القريبة منه والمنتشرة حوله بانتظام في جميع الجهات ، ورغم كون هذا الجزيء منجـــذباً إلي الجزيئـــات الأخرى المحيطة به إلا أن قوي الجذب المؤثرة تتعادل ويلغي بعضها تأثير بعض لأنها متساوية في المقدار ومتضادة في الاتجاه وبذلك تصبح محصلتها النهائية صفراً .


شكل (٥)

وأما الجزيء (ب) الموجود علي سطح السائل فلا تحيط بـــه الجزيئات من جميع الجهات ، بل من أسفل فقط وبذلك تتسبب الجزيئات المحيطة به من أسفل في جذبه رأسياً لأســـفل فقـــط ، وينطبق هذا علي بقية الجزيئات الموجودة في سطح السائل ، فكل جزيء منها يبدو بفعل قوي جذب الجزيئات له كأنه مجـــذوب رأسياً لأسفل مما يتسبب في ظهور شد أو توتر في سطح الـــسائل

كما في الشكل (٥) .

ظواهر ناشئة من التوتر السطحي :

(١) **قطرات السائل تميل إلي التكور أي تأخذ شكلاً قريباً من شكل الكرة** : مثلاً قطرة الزئبق تبدو كرةً كاملةً يمكن دحرجتها علي سطح زجاج مثلاً . وتفسير ذلــك هــو أن التــوتر السطحي يعمل علي شد سطــح قطرة السائل وتقليصه ليأخــذ سطح القطــرة أقــل مساحة ممكنة .

أما السوائل الأخرى غير الزئبق لا يكون شكل قطراها كرات كاملة لأنه توجــد قــوي أخري تعاكس في تأثيرها التوتر السطحي تعرف بقوي الالتصاق فهي تقاوم في عملــها قوي التماسك . وهكذا فإن السائل يؤثر عليه نوعان من القوي :

قوي تعمل علي شد سطحه وتكويره ، وقوي تعمل علي إلصاق السائل بالسطح الــذي يلامسه أي علي منع تكويره .

إن تبليل السائل لسطح ما يعتمد إذن علي الموازنة بين هذين النوعين من القوي، فعنــدما تكون قوي التماسك كبيرة جداً بالمقارنة مع قوي الالتصاق لا يبلل السائل جدار الإناء .

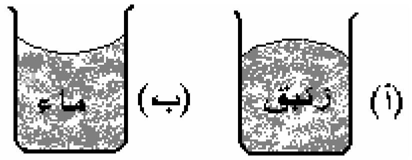
أما إذا كانت قوي التماسك ليست كبيرة بالمقارنة مع قوي الالتصاق فإن السائل يبلــل السطح الذي يلامسه .

ويمكننا قول الشيء نفسه بالنسبة إلي الشكل الذي تأخذه قطرة السائل.ففي حالة الزئبق تتغلب قوي التماسك كثيراً علي قوي الالتصاق وتأخذ قطرة الزئبق شكل الكــرة ، أما في حالة الماء فأن قوي التماسك ليست كبيرة جداً بالمقارنة مع قوي الالتــصاق ولذلك تأخذ قطرة الماء شكلاً قريباً من شكل الكرة .

(٢) **ظاهرة عدم استواء سطح السائل** :

نشاط :

ضع كمية من الماء في أنبوبة اختبار وكمية أخري من الزئبق في أنبوبة أخري ثم لاحظ الشكل الذي يأخذه سطح السائل الموضوع في كل أنبوبة . يمكنك أن تلاحظ من هذا النشاط أن سطح السائل الساكن الموضوع في أنبوبة الاختبار لا يبدو مستوياً تماماً وأنه



يميل سطح الزئبق إلى التحدب — يميل سطح الماء إلى التقعر

شكل (٦)

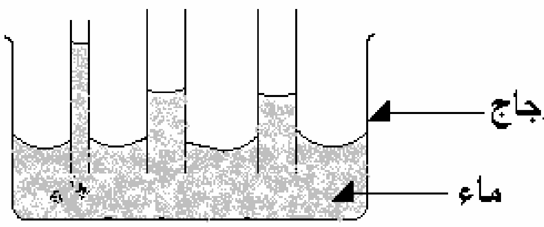
يميل إلي الابتعاد عن الاستواء كلما كان الإناء ضيقاً . ويمكنك أن تلاحـــظ كـــذلك أن السوائل علي نوعين : سوائل كالزئبق يميل سطحها إلي التحدب، وسوائل كالماء يميـــل سطحها إلي التقعر كما في الشكل (٦ أ، ب) .

ففي حالة الزئبق تكون قوي التماسك بين جزيئات الزئبق كبيرة جداً بالمقارنة مـــع قوي الالتصاق بين جزيئات الزئبق من جهة وجزيئات جدار الإناء من جهة أخري، ولذلك يميل سطح الزئبق قريباً من جدران الإناء إلي التكور وهكذا يبدو سطح الزئبق في الإناء محدباً، ويزداد وضوح التحدب كلما قلّ نصف قطر الإناء.أما في حالة الماء فأن قوي الالتصاق بين جزيئات الماء وجدران الإناء قوية إلى حد أنها تجعل شيئاً من الماء يتسلق جدران الإناء ولذلك يظهر سطح الماء قريباً من جدران الإناء كأنه متسلق للجدران وبذلك يبدو مقعراً.

(٣) الخاصة الشعرية :

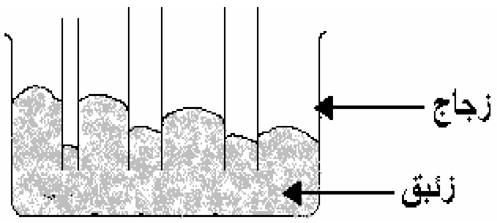
نشاط :

خذ حوضاً وأملأه بالماء الملون ، ثم أحضر مجموعة مـــن الأنابيـــب مفتوحـــة الطـــرفين وذات أطوال متساوية ولكنـــها مختلفة الأقطار . ضع مجموعـــة الأنابيـــب رأســـياً في الـــسائل وإلي نفـــس العمـــق كمـــا في الشكل (٧) .



شكل (٧)

لاحظ الآن مستوي ســـطح الماء بداخل الأنابيب ، هل يتساوى سطح الماء في الأنابيب؟ وهل يتساوي سطح الماء بداخل الأنابيب مع سطحه خارجها ؟



شكل (٨)

تلاحـــظ أن ســـطح المـــاء لا يتساوي في الأنابيب ،كمـــا أن ســـطح الماء بداخل كلٍ من الأنابيـــب يرتفـــع عن سطح المـــاء في الحـــوض، ويزيـــد مقدار ارتفاع سطح المـــاء كلمـــا قـــلّ

قطر الأنبوبة . ولو أنك كررت نفس العمل مع الزئبق كسائل لوجدت أن سطح الزئبق لا يتساوي في الأنابيب بل تجده منخفضاً (بعكس الماء)ويزيد مقدار الانخفاض كلما قلّ قطر الأنبوبة كما في الشكل (٨) .

إن ارتفاع (أو انخفاض) السائل في الأنابيب الدقيقة (الشعرية) فوق (أو دون) متسواه يعرف الخاصة الشعرية ،أو بالظاهرة الشعرية .ومما يجدر ذكره أن مقدار الخاصة الشعرية يعتمد علي :

(١) قطر الأنبوبة .
(٢) كثافة السائل .

- حيث يزيد مقدار الخاصة الشعرية كلما قلّ قطر الأنبوبة والعكس صحيح .
- ويزيد مقدار الخاصة الشعرية كذلك كلما قلّت كثافة السائل.

ومن الظواهر المترتبة علي الظاهرة الشعرية الآتي :

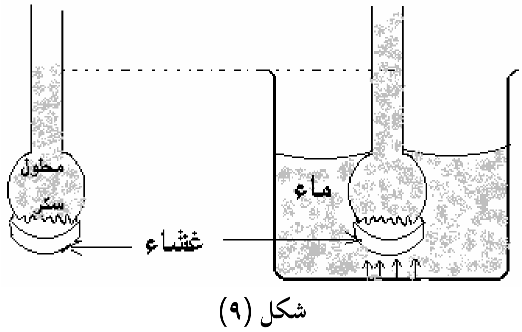
(١) ارتفاع العصارة النباتية إلي أعلي في سيقان النبات .
(٢) تشرّب ورقة النشاف لبقعة الحبر عند ملامستها له .
(٣) ارتفاع الكيروسين في فتيل الفانوس .

(٤) **الظواهر الأسموزية** : Osmosis

نشاط:

- خذ قمعاً وثبت علي فتحته الواسعة قطعة من مثانة خروف (أو أي حيوان آخر)ثم أربطها بإحكام حول فتحة القمع .
- صب في القمع محلولاً مركزاً من السكر ثم ضع القمع في حوض يحتوي علي ماء كما في الشكل (٩)
- راقب مستوي المحلول داخل القمع خلال عدة أيام.

يمكنك من هذا النشاط أن تلاحظ أن الماء ينتقل من الحوض إلي محلول السكر في داخل القمع عبر مثانة الحيوان الذي يمثل غشاءً شبه منفذ .



شكل (٩)

إن انتقال الماء إلي القمع لا يمكن تفسيره بالخاصة الشعرية لأن القمع ليس أنبوباً شعرياً. إن الماء ينتقل من المحلول المخفف إلي المحلول المركز . إن انتقال الماء مرتبط إذن بوجود محلولين مختلفين في درجة (قوة) تركيزهما.

فالمحلول كما هو معروف عبارة عن خليط من مادتين سائل مذيب كالماء مثلاً ، ومادة مذابة تسمي المذاب كالسكر مثلاً . ودرجة التركيز تقاس بعد الجرامات من المذاب في حجم معين من المذيب .

وانطلاقاً من هذا المعني لدرجة تركيز المحلول يمكن القول أن انتقال الماء من المحلول المخفف إلي المحلول المركز هو محاولة للوصول إلي حالة توازن بين المحلولين ،أي إلي حالة تتساوى فيها درجة تركيز المحلولين . وتسمي ظاهرة انتقال الماء من المحلول المخفف إلي المحلول المركز عبر غشاء شبه منفذ بالظاهرة الأسموزية، وبهذا يمكن تعريف الظاهرة الأسموزية بأنها نفاذ جزيئات السائل المذيب خلال الأغشية شبه المنفذة إلي حيث توجد المادة المذابة بتركيز أكبر إذا كان الغشاء المذكور هو الفاصل الوحيد بينهما.

الأسئلة والتمارين:

١) ضع علامة (4) أمام الإفادة الصحيحة وعلامة (5) أمام الإفادة الخطأ في الآتي :

(١) سير وتحرك الحشرات الصغيرة فوق سطح الماء دليل علي :
(أ) قوة التوتر السطحي ( )
(ب) وجود الخاصة الشعرية ( )
(ج) قوة دفع الماء لهذه الحشرات ( )
(د) كل ما ذكر صحيح ( )

(٢) صعود الماء والأملاح المعدنية إلي أعلي عبر ساق النبات دليل علي :
(أ) التوتر السطحي ( )
(ب) مرونة المادة ( )
(ج) الخاصة الشعرية ( )
(د) كل ما ذكر صحيح ( )

(٣) ميل سطح السائل إلي التقعر بسبب تأثير :
(أ) الخاصية الشعرية ( )
(ب) التوتر السطحي ( )
(ج) قوي التماسك بين الجزيئات ( )
(د) قوي الالتصاق بين جزيئات مادتين ( )

(٤) الظاهرة الأسموزية هي انتقال المذيب عبر غشاء شبه منفذ :
(أ) من المحلول المخفف إلي المحلول المركز ( )
(ب) من المحلول المركز إلي المحلول المخفف ( )
(ج) من محلول آخر مساوٍ له في درجة التركيز ( )
(د) كل الاحتمالات المذكورة غير صحيحة ( )

(٥) الخاصة الشعرية هي :
(أ) ميل سطح السائل إلي التكور ( )
(ب) انتقال السائل من محلول لآخر ( )
(ج) ارتفاع أو انخفاض السائل عن مستواه ( )
(د) التصاق السائل بجدران الإناء ( )

٢) لديك نبتتان وضعت إحداهما في كأس به ماء ووضعت الأخرى في كأس به محلول . أيهما تذبل قبل الأخرى ؟ولماذا ؟

المـــرونـــة

سنحاول معاً في هذا المبحث أن نتعرف علي سلوك المادة عندما تؤثر عليهـــا القـــوي المختلفة،فالقوي عندما تؤثر علي جسم ما تحدث فيه أحد أو بعض أو كل التغيرات الآتية :

(أ) قد تتسبب في تغيير حالته من سكون أو حركة .

(ب) قد تغير من شكله فتسبب تقوسه أو ليـــّـه.

(ج) قد تغير من حجمه أو من أحد أبعاده كالطول مثلاً .

إن اهتمامنا في هذا المبحث هو دراسة سلوك المادة عندما يطرأ عليها تغيّر في شكلها أو حجمها أو كليهما معاً بسبب القوي المؤثرة.

ماذا يحدث للمادة التي عانت تغيّراً في حجمها وشكلها عندما تزول القـــوي المـــؤثرة عليها؟ هل تحتفظ المادة بالتغيير الحاصل فيها ؟ أم تستطيع استعادة شكلها وحجمها الأصليين بعد زوال القوي المؤثرة ؟

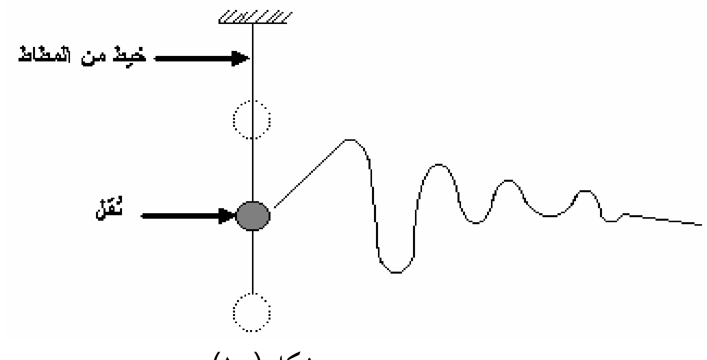
ولكي نتمكن من الإجابة علي هذه التساؤلات يمكن القيام بالنشاطات الآتية:

نشاط (١) :

(أ) علق ثقلاً مناسباً في أحد طرفي خيط من المطاط وثبت طرفه الآخر ثم أجـــذب الثقـــل لأسفل قليلاً تجد أن خيط المطاط يزيد في الطول .

(ب) أترك الثقـــل تجده يهتز ويستقر في النهاية ويعود خيط المطاط لطوله الأصلي كما في الشكل (١٠) :

مما يدل علي أن خيط المطاط يستطيل تحت تأثير قوة الـــشد ويـــستعيد طولـــه بعـــد زوال القوة المؤثرة.



شكل (١٠)

نشاط(٢) :

بتكرار النشاط (١) باستخدام زنبرك تحصل علي نفس النتيجة .

نشاط (٣) :

(أ) أضغط علي كرة من المطاط (أو بالون ملئ بالهواء) بين أصابعك بقوة تجد أن الكرة وحجمها يتغيران.

(ب) أرفع يدك من علي الكرة تجد أنها تستعيد شكلها وحجمها الأصليين بعد زوال القوة المؤثرة .

نشاط (٤):

كرر النشاط (٣) مستخدماً كرة من الصلصال (طين) تجد أنها لا تستعيد شكلها أو حجمها الأصليين بعد زوال القوة المؤثرة بل تحتفظ بالتغيير الذي طرأ عليها.

من النشاطات السابقة يمكن تصنيف المواد إلي :

(أ) مواد لها القدرة علي استعادة شكلها وحجمها الأصليين بعد زوال القوة المؤثرة مثل هذه المواد التي تعرف بالمواد المرنة.

(ب) مواد تحتفظ بالتغيير الذي طرأ عليها ومثل هذه المواد تعرف بالمواد غير المرنة .

وبناءً علي ذلك يمكن تعريف المرونة بأنها خاصية استعادة المادة لشكلها أو حجمها الأصليين بعد زوال القوة المؤثرة عليها .

وعلي هذا تكون المرونة صفة عامة للمادة ، غير أن المواد تتفاوت في درجة مرونتها علي هذا النحو:

(أ) مادة مرنة تماماً وهي التي تعود لحالتها الأصلية تماماً .

(ب) مادة عديمة المرونة وهي التي تحتفظ بكل ما حصل لها من تشوه.

(ج) مادة شبه مرنة وهي التي تعود إلي حالة قريبة من حالتها الأصلية.

قانون هوك :

إن الزنبرك كما لاحظت سابقاً يستجيب بصورة واضحة لقوة الشد المؤثرة عليه . لقد درس رو برت هوك سنة ١٦٧٦م العلاقة بين قوة الشد المؤثرة في سلك (أو ملف زنبركي)

والاستطالة الحادثة فيه وتوصل إلي قانون سمي باسمه ينص علي الآتي: (في حدود مرونة المادة تتناسب الاستطالة الحادثة تناسباً طردياً مع قوة الشد المؤثرة) .

وبصيغة رياضية يمكن كتابة قانون هوك كالآتي :

القوة (ق) µ الاستطالة (س) .

أو

ق = ث س

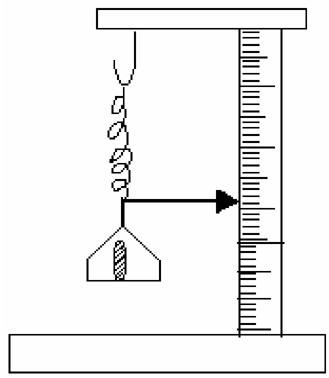
حيث أن : ق = القوة بالنيوتن .

س = الاستطالة بالمتر .

ث = مقدار ثابت يعرف بمعامل الصلابة ووحدة قياسيه هي نيوتن/متر .

استنتاج قانون هوك عملياً :

يستخدم لذلك زنبرك معلق من طرفه العلوي في حامل وطرفه الأسفل ينتهي بكفة توضع عليها الأثقال . هذا الطرف مزود بمؤشر يتحرك بمحاذاة تدريج مسطرة رأسية لقياس الاستطالة كما في الشكل (١١).



شكل (١١)

طريقة إجراء النشاط:

(١) سجل قراءة المؤشر علي التدريج في حالة عدم وجود أثقال في الكفه.

(٢) ضع ثقلاً مناسباً وليكن ١٠ ثقل جرام وسجل قراءة المؤشر علي التدريج لرأسي (الفرق بين القراءتين الأولي والثانية يساوي مقدار الاستطالة الحادثة.)

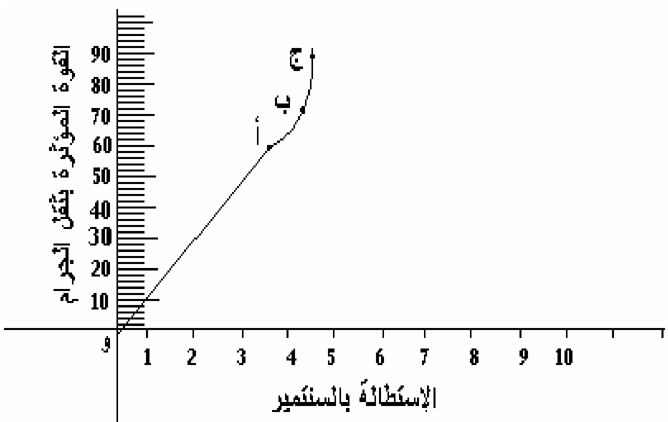
(٣) كرر العمل السابق عدة مرات بزيادة الثقل الموضوع في الكفة بالتدريج وعين في كل مرة قراءة التدريج الرأسي المحاذية للمؤشر.

(٤) دون النتائج كما في الجدول الآتي :

القوة (ق) بثقل الجرام	الاستطالة (س) بالسنتمترات
ق١	س١

ق٢	س٢
ق٣	س٣
...	...

(٥) من نتائج الجدول السابق أرسم علاقة بيانية بين القوة المؤثرة (علـــي المحـــور الأفقـــي) والاستطالة الحادثة (علـــي المحور الرأســـي)، تحصل علـــي الخـــط البيـــاني الموضـــح بالشكل (١٢) :



شكل (١٢)

الشكل (١٢) يمثل قانون هوك بالرسم البياني ومن الشكل(١٢) يتضح الآتي:

(أ) يكون الجزء (وأ) خطاً مستقيماً ممـــا يـــدل علـــي أن الاســـتطالة تتناســـب طردياً مع قوة الشد المؤثرة .أي أن الزنبرك يتبع قـــــانون هـــــوك تمامـــــاً في هـــذا الجزء .

(ب) النقطة (أ) تمثل حد المرونة أي الحد الأعلى للقـــوة المـــؤثرة علـــي الزنـــبرك دون أن يفقد مرونته وقد سميـــت بـــذلك لأن الزنـــبرك لا يخـــضع بعـــدها لقانون هوك ولا يستعيد بعدها طوله الأصلي بعد زوال القوة المؤثرة .

(ج) يكون الجزء (أب) من الخط البياني منحنياً في الاتجاه الذي يدل علي أن الاستطالة الحادثة أكبر من مثيلاتها في الجزء (وأ) . تعرف النقطة (ب) بنطقية الاستســـلام أو الإذعان .

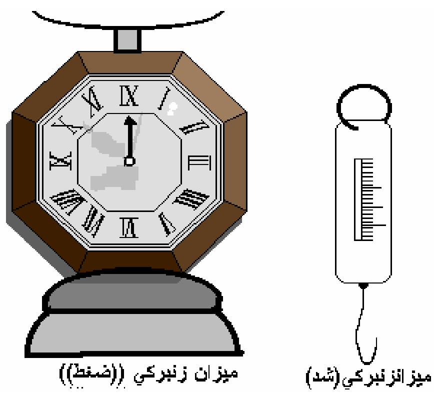
(د) يكون الجزء (ب ج) من الخط البيـــاني دالاً علـــي أن أي زيـــادة صـــغيرة في قوة الشد تحدث اســـتطالة كـــبيرة وعنـــد النقطـــة (ج) يأخـــذ الزنـــبرك في الاستطالة بدون زيادة في قوة الشد حـــتى ينقطـــع . وتعـــرف النقطـــة (ج) بنقطة القطع أو نقطة الكسر .

بعض التطبيقات العملية لقانون هوك :

الميزان الزنبركي والميزان الضاغط :

تبني فكرة عمل الميزان الزنبركي علي قانون هوك حيث يقيس الميزان الزنبركي الأوزان باستخدام استطالة الزنبرك .فهذا الزنبرك يحتاج إلي نفس القوة لكي يعطي نفس الاستطالة في أي مكان .

وكما تقدر الأوزان بفكـــرة اســـتطالة الزنبرك يمكن تقديرها أيضا بفكرة انكماشـــه وذلك باستخدام الميزان الـــضاغط كمـــا في الشكل (١٣) . والجدير بالذكر أن الميـــزان الزنبركي يستخدم في قياس وزن الجسم . بينما يستخـــدم المـــيزان المعـــتاد (ذو الكفتين) في قياس كتلة الجسم .



شكل (١٣)

الأسئلة والتمارين:

(١) عرف المادة المرنة وأعط مثالاً عليها ؟.

(٢) اذكر قانون هوك ثم وضح كيف يمكن تمثيله بالرسم البياني ؟.

(٣) ما هو المقصود بكل من :

(أ) حد المرونة:

(ب) نقطة الاستسلام :

(ج) قطة القطع:

(٤) زنبرك طوله ١٥ سم أثرت عليه قوة شد فأصبح طوله ٢٠سم ما مقدار تلك القوة إذا كان ثابت الصلابة ١نيوتن /متر.

(٥) زنبرك طوله ٢٥سم أثرت عليه قوة مقدارها ٠,٠٠٩ نيوتن فأصبح طوله ٢٨سم وعندما أزيلت هذه القوة عاد الزنبرك لطوله الأصلي .وعندما أثرت عليه قوة مقدارها ٠,٠٩ نيوتن وصل حد المرونة أحسب :

(أ) ثابت الصلابة لهذا الزنبرك .

(ب) أكبر طول يصله الزنبرك دون أن يفقد مرونته .

(٦) سلك معدني طوله متر وحد مرونته ٢ نيوتن في موضع رأسي ومثبت من الطرف الأعلــى وتعرض طرفه الأسفل لقوة شد مقدارها نصف نيوتن فاستطال بمقدار واحد سنتمير أحسب:

(أ) ثابت الصلابة لهذا السلك .

(ب) طول السلك عندما تصبح القوة المؤثرة عليه ١,١ متر .

الضغـــــــط

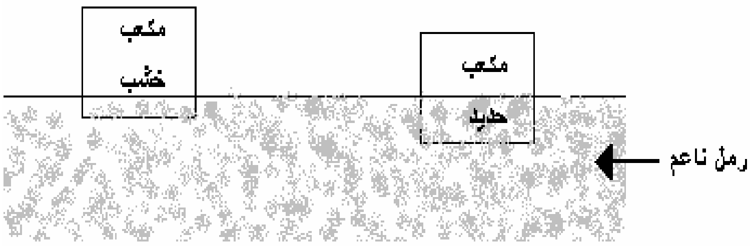
معني الضغط:

عندما تحمل ثقلاً فوق راحة يدك ، فإنك تشعر بضغط هذا الثقل علي يدك ، ويفسر هذا بأن الأرض تجذب هذا الثقل نحو مركزها بقوة تعادل وزن الثقل ، وعليه يصبح ضـــغط الثقل علي اليد ليعادل وزنه .

ولدراسة العوامل المؤثرة في مقدار الضغط يمكن إجراء النشاطين الآتين:

نشاط (١) :

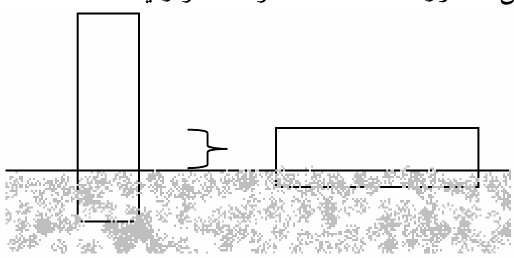
خذ مكعبين متساويين في الحجم أحدهما من الحديد والآخر من الخشب وعين وزن كل منهما . ثم ضع المكعبين برفق علي سطح رمل ناعم ولاحظ المسافة التي يغوصها كل من المكعبين في الرمل . تجد أن مكعب الحديد الأكبر وزناً يغوص مسافة أطول من تلك التي يغوصها مكعب الخشب الأقل وزناً كما في الشكل (١٤)



شكل (١٤)

نشاط (٢):

خذ متوازي مستطيلات من الزجاج ،ثم ضعه علي سطح الرمل الناعم بحيث يكون أصغر أوجهه مساحةً هو الملامس لسطح الرمل . كرر ذلك بالنسبة لوجه متوازي المستطيلات الأكبر مساحةً ولاحظ المسافة التي يغوصها في كل حالــة كمـــا في الشكل (١٥) تجد أن المسافة الـــتي يغوصها متوازي المـــستطيلات في الحالة الأولي أطول من المسافة التي يغوصها في الحالة الثانية .



شكل (١٥)

ومن النشاطين السابقين يمكن **استنتاج الآتي :**

يتوقف مقدار الضغط الذي يؤثر به الجسم علي السطح علي :

(١) وزن الجسم (ثقل الجسم)

(٢) مساحة السطح الذي تؤثر عليه القوة الضاغطة .وقد سميت القوة المـــؤثرة علـــي وحدة المساحات بالضغط.

الضغـــط =	**القـــــوة** / **المســـاحة**

ومما يجدر ذكره أن القوة الضاغطة تتوزع بالتســـاوي علـــي جميع النقاط التي يكـــون منها السطح.

وحدات قياس الضغط:

الوحدة	المعــــــــــــــني
١) نيوتن/ متر٢	عندما تقاس القوة بالنيوتن والمساحة بالمتر المربع.
٢)دايــــن/سم٢	عندما تقاس القوة بالداين والمساحة بالسنتمتر المربع.
٣) ثقل جرام/سم٢	عندما تقاس القوة بثقل جرام والمساحة بالسنتمتر المربع.

الضغط الجوي

قياس الضغط الجوي :

ما هو منشأ الضغط الجوي ؟ وكيف يمكن قياسه ؟ وكيف يستفيد الإنسان من الضغط الجوي في إنجاز أعمال مفيدة له ؟ فكيف (علي سبيل المثال) يساعدنا الـــضغط الجـــوي في سحب المياه من الآبار ؟

لعلك تذكر في المبحث السابق إننا قلنا أن الضغط الذي يحدثه الجسم علي سطح ما ينشأ بسبب ثقل الجسم المؤثر علي السطح .إن الشيء نفسه يمكن قوله عن الضغط الجوي ، فالضغط الجوي علي سطح ما ينشأ من ثقل الهواء المؤثر علي السطح . وعلي هذا بالإمكـــان تعريـــف الضغط الجوي في نقطة ما بأنه وزن عمود الهواء الرأسي الذي يمكن إقامتـــه علـــي وحـــدة المساحات والذي يمتد من تلك النقطة إلي نهاية وجود الهواء .

الضغط الجوي = وزن عمود الهواء بطول الغلاف الجوي

ومن خلال التعريف السابق يلزم لحساب وزن عمود الهواء المقام علي وحدة المساحات معرفة مقدارين رئيسيين هما :

(١) طول عمود الهواء (٢) كثافة الهواء

وبما أن طول عمود الهواء في الغلاف الجوي يصعب تحديده بدقة ، وبما أن كثافة الهواء تختلف من مكان لآخر ومن وقت لآخر فهي الأخرى يصعب تحديدها بدقة ولكـــل هـــذا يصعب تعيين قيمة الضغط الجوي في نقطة ما عن طريق إيجاد وزن عمود الهواء الرأسي المقام علي وحدة مساحة عند تلك النقطة ، ولكن بالإمكان تعين قيمة الضغط الجـــوي بموازنتـــه بضغط عمود من سائل ما في نفس المكان . وقد استخدم الزئبق (ذو الكثافـــة الكـــبيرة) لتحقيق ذلك الغرض في جهاز يعرف بالبارومتر .ومما يجدر ذكره أن الضغط الجوي يتغيّر من مكان لآخر حسب الارتفاع من سطح الأرض .وقد وجد أن الضغط الجوي عنـــد ســـطح البحر في الظروف العادية يساوي وزن عمود من الزئبق طوله ٧٦سم /زئبق ويقل هذا المقدر بالارتفاع عن سطح البحر .

٧٦ سم / زئبق = ٧٦× ١٣,٦ = ١٠٣٣,٦ سم / ماء . أي أن الـــضغط الجـــوي يستطيع أن يتحمل وزن عمود من الماء طوله ١٠٣٣,٦

تطبيقات علي الضغط الجوي :

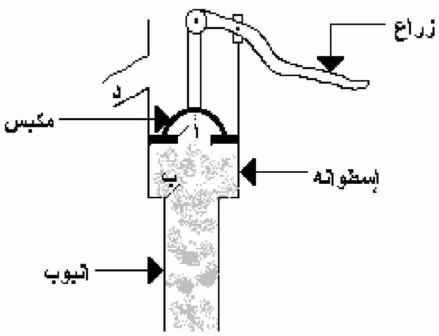
(١) المضخة الماصة : **Lift Pump**

تستخدم المضخة الماصة لرفع الماء من الآبار من عمق أقصاه عشرة أمتـــار . تتـــألف المضخة الماصة في أبسط صوره مـــن الأجـــزاء الأساسية الآتية:

أ/ أنبوب طويل متصل باسطوانة .

ب/ مكبس محكم الاتصال بجدران الاسطوانة.

ج/ ذراع لتحريك المكبس .



شكل (١٦)

د/ صمامان (أ) ، (ب) الأول بـالمكبس والثـاني عنـد فتحـة الأنبـوب كمـا في الشكل (١٦).

فكرة عمل المضخة الماصة:

- عند تحريك الذراع لأعلي يترل المكبس في الاسطوانة لأسفل فيزداد ضغط الهواء ويفتح صمام المكبس (أ) فيخرج الهواء .
- وعند تحريك الذراع لأسفل يتحرك المكبس لأعلي فيقل الضغط في الاسطوانة فيفـتح صمام الأنبوب (ب) لأن ضغط الهواء في الأنبوب أكبر من ضغط الهواء في الأسـفل الأمر الذي يؤدي إلي ارتفاع بعض الماء في الأنبوب ... وهكذا باستمرار حركة الذراع لأعلي وأسفل يستمر ارتفاع الماء في الأنبوب حتي يمتلئ كل الأنبـوب والاسـطوانة ويخرج من الفتحة الجانبية (د) .

(٢) المضخة الكابسة : Force Pump

وتستخدم لسحب الماء من الآبار ورفعها إلي مستويات عليا. وتتألف المضخة الكابسة في أبسط صوره من الأجزاء الأساسية الآتية:

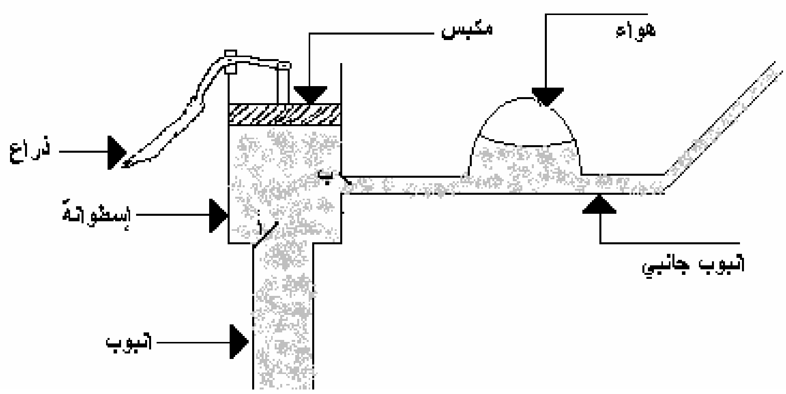
١/ أنبوب طويل متصل باسطوانة .

٢/ مكبس محكم الاتصال بجدران الاسطوانة .

٣/ ذراع لتحريك المكبس .

٤/ أنبوب جانبي يحتوي علي تجويف يحصر كمية من الهواء .

٥/ صمامان (أ) عند فتحـة الأنبوب الطـويل ، (ب) عند فتحة الأنبوب الجانبية كما في الشكل (١٧).



شكل (١٧)

فكرة عمل المضخة الكابسة :

- سحب الماء من داخل البئر يتم بنفس فكرة عمل المضخة الماصة.
- عند تحريك الذراع لأسفل يتحرك المكبس لأعلي فيقل الضغط داخل الاسطوانة ويفتح صمام (أ) ويغلق (ب) وعندئذٍ يدخل مزيد من الماء إلي الاسطوانة .
- وعند تحريك الذراع لأعلي يتحًرك المكبس لأسفل فيزيد الضغط داخل الاسطوانة ويغلق الصمام (أ) ويفتح الصمام (ب)فيرتفع الماء في الأنبوب الجانبية إلي أعلي بسبب القـــوة المؤثرة عليه.

الأسئلة والتمارين :

(١) ما هو الضغط ؟ وما هي العوامل المؤثرة في مقداره ؟

(٢) علل لما يأتي :

أ/ تصنع رؤوس الفؤوس لتكون ذات أطراف حادة.

ب/ الجمال أكثر قدرة علي السير في الرمال من غير الدواب الأخرى .

ج/ إطارات الشاحنات (سيارات النقل الثقيل) أعرض من إطارات السيارات الخاصة.

(٣) قطعة معدنية وزنها ٥٠٠ ثقل جرام وضعت علي سطح منضدة ، علي شكل مربع ضلعه ٢٥سم . ما مقدار الضغط الناشئ عنها عند ملامستها لسطح المنضدة ؟

(٤) سكين وزنها ١,٥١ نيوتن فإذا كانت مساحة طرفها الحاد ٠,٥ سم٢ أحسب الضغط الذي تؤثر به عندما تلامس جسماً.

ضغط السوائل

لعلك لاحظت مما سبق أن وضع جسم صلب علي سطح ما ينشأ عنه ضغط في كـــل نقطة من نقاط السطح ولعلك تتساءل هل للسائل ضغط علي قاع الإناء ؟ وكيف يقدر ؟ وهل للسائل ضغط علي جدران الإناء الذي يحتويه؟ وما هي العوامل التي تؤثر في مقدار ذلك الضغط ؟ وقبل الإجابة عن تلك التساؤلات إليك النشاطين التاليين.

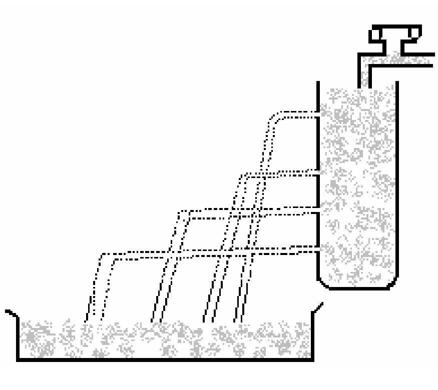
نشاط (١) :

- خذ أنبوباً مفتوحاً من الطرفين ، وأحضر قطعة مطاط ولفّة خيط . ثم شد قطعة المطاط وسد بها إحدى فتحتي الأنبوب ثم صب كمية من الماء في الأنبوب .
ماذا يحدث لشكل قطعة المطاط ؟ هل للسائل ضغط ؟ وعلي ماذا يعتمد ضغط السائل؟
- كرر العمل السابق باستخدام سائل آخر (زيت ، أو كيروسين مثلاً) ماذا تلاحظ.

نشاط (٢) :

خذ علبة معدنية طويلة ،وأعمل فيها ثقوباً علي ارتفاعات مختلفة ثم أملأها ماءً كما في الشكل (١٨) .

هل يندفع الماء من جميع الثقـــوب بـــالقوة نفسها؟ هل يوجد ضغط علـــي جـــدران العلبة؟ هل يضغط السائل في اتجاه واحد أم في جميع الاتجاهات ؟



شكل (١٨)

من النشاطين السابقين يمكـــن أن نتوصـــل إلي الآتي :

١/ للسائل ضغط علي قاع وجدران الإناء الموضوع فيه مما يدل علي أن ضغط الســائل في جميع الاتجاهات .

٢/ يعتمد مقدار ضغط السائل علي :

أ/ ارتفاع عمود السائل (عمق السائل) بحيث (يزيد ضغط السائل بزيــادة ارتفــــاع عمود السائل) .

ب / كثافة السائل (يزداد ضغط السائل بزيادة كثافته) .

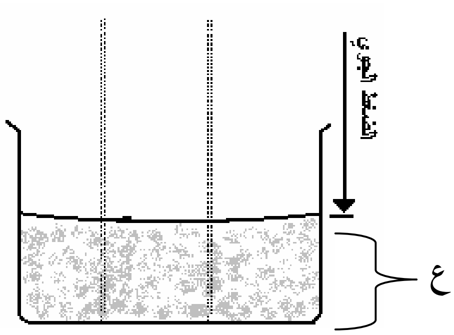
٣/ يمكن تقدير ضغط السائل عند أي نقطة في باطنه بوزن عمود السائل فوق هذه النقطة .
فإذا كانت هذه النقطة في قاع الإناء :

ضغط السائل علي قاع الإناء = وزن عمود السائل فوق وحدة المساحة
=ع × ١ × ث

حيث أن : ع = ارتفاع عمود السائل فوق قاع الإناء .
ث = كثافة السائل

هل يتأثر قاع الإناء بضغط السائل وحده ؟

لعلك تدرك أن وحدة المساحات من قاع الإناء تحمل فوقها عمود السائل كما تحمل أيضا عمود الهواء فوق سطح السائل .لهذا يكون الضغط الكلي عند قاع الإناء مساوياً لضغط السائل ومضافاً إليه الضغط الجوي كما في الشكل (١٩) .



شكل (١٩)

من الشكل (١٩) يتضح :

الضغط الكلي عند نقطة من قاع الإناء = (ع5 ث + ض) ثقل جراماً
حيث أن : ع 5 ث = ضغط السائل
ض = الضغط الجوي

مثال :(١)

مخبار مدرج مساحة قاعدته ١٥سم وضعت كمية من الزئبق ارتفاعها ١٠سم أحسب (دون اعتبار للضغط الجوي) :

(أ) الضغط المؤثر علي قاعدة المخبار الناشئ من الزئبق .

(ب) الضغط المؤثر علي قاعدة المخبار إذا ملء بالماء لنفس الارتفاع علماً بأن كثافة الزئبق ١٣,٦جم/سم^{٣} وكثافة الماء ١جم/سم^{٣} .

\ الضغط علي قاعدة المخبار = ع 5 ث

حيث أن : ع = ارتفاع السائل ، ث = كثافة السائل .

(أ) الضغط الناشئ من الزئبق = ١٠5١٣,٦ =١٣٦ ثقل جرام.

(ب) الضغط الناشئ من الماء = ١٠ 5 ١ = ١٠ ثقل جرام .

مثال (٢):

أعد حل المثال السابق آخذاً في الاعتبار مقدار الضغط الجوي الذي يساوي ٧٥سم/زئبق .

(أ) الضغط الكلي = ضغط عمود الزئبق + الضغط الجوي

= ١٠ 5 ١٣,٦ +٧٥5 ١٣,٦

= ١٣٦ + ١٠٢٠

= ١١٥٦ ثقل جرام

(ب) الضغط الكلي = ضغط عمود الماء + الضغط الجوي

=١٠5١ + ٧٥5١٣,٦

=١٠+١٠٢٠

=١٠٣٠ ثقل جرام

القوة الضاغطة الكلية علي قاع إناء به سائل:

مما سبق

Q الضغط = القوة الضاغطة / المساحة

\ **القوة الضاغطة = الضغط 5 المساحة** **= (ع× ث + ض) س ثقل جرام**

حيث أن :

ع ≡ عمق السائل ،، ث≡ كثافة السائل

ض ≡ الضغط الجوي ،، س ≡ المساحة

مثال :

أحسب مقدار الضغط الكلي وكذلك القوة الضاغطة الكلية علي قاع صهريج مساحة قاعدته ١٠متر مربع إذا كان ارتفاع الماء فيه ٥ أمتار علماً بأن الضغط الجوي ٧٥سم /زئبق وكثافة الزئبق ١٣,٦ جم /سم^٣ ، وكثافة الزئبق ١جم / سم^٣ .

الضغط الجوي = ارتفاع الزئبق × كثافة الزئبق

= ٧٥ × ١٣,٦ = ١٠٢٠ ثقل جرام

ضغط الماء = ارتفاع الماء × كثافة الماء

= ٥٠٠ × ١ = ٥٠٠ ثقل جرام

∴ الضغط الكلي = ١٠٢٠ + ٥٠٠ = ١٥٢٠ ثقل جرام

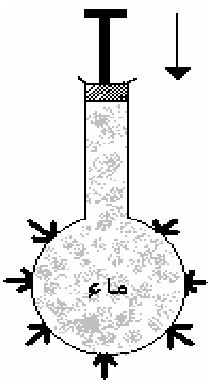
∵ القوة الضاغطة الكلية = الضغط الكلي × المساحة

= ١٥٢٠ × ١٠٠٠٠٠ =١٥٢٠٠٠٠٠٠ ثقل جرام

= ١٥٢٠٠٠ثقل كجم.

انتقال الضغط في السوائل:

لبيان انتقال الضغط في السوائل يمكن استخدام إناء كالمبين بالشكل (٢٠) .عندما يدفع المكبس لداخل الإناء يضغط علي سطح الماء فيخرج الماء مندفعاً من جميع الثقوب الموزعة علي سطح الكرة مما يدل علي أن ضغط السائل ينتقل في جميع الجهات وبنفس المقدار ،وقد بلور العالم باسكال هذه النتيجة في صورة خاصة تعرف باسم (قاعدة باسكال) حيث تنص : (إذا استحدث ضغط عمودي علي سطح سائل انتقل هذا الضغط بتمامه إلي كل مساحة من السائل مساوية لهذا السطح أياً كان اتجاهها وموضعها في السائل) الشكل (٢٠) .



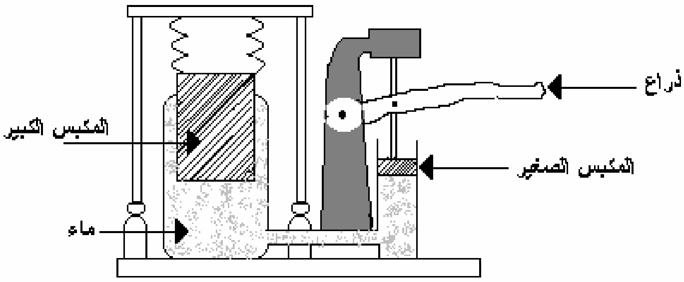
شكل (٢٠)

المكبس المائي (الهيدروليكي) : Hydraulic Press :

يعتبر المكبس المائي أحد الطبقات الهامة لقاعدة باسكال .

تركيب المكبس المائي:

في أبسط صورة يتركب المكبس المائي من أنبوبة ذات شعبتين إحداهما مساحة مقطعهـــا س١ سنتمتر مربع والأخرى متسعة مساحة مقطعها س٢ سنتمتر مربع ، والشعبتان تملأن بالمـــاء إلي مـــا يقرب من ثلثيهما ثم تزود كل منهما بمكبس محكم كما في الشكل (٢١) .



شكل (٢١)

فكرة عمل المكبس المائي :

إذا أثرت علي المكبس الصغير قوة مقدارها ق١ داين ، فإن الضغط الذي تؤثر به هذه القوة علي وحدة المساحات يتعين من العلاقة :

الضغط علي وحدة المساحة من المكبس الصغير = $\frac{ق_١}{س_١}$ داين/سم٢ .

وتبعاً لقاعدة باسكال فإن هذا الضغط ينتقل بتمامه إلي المكبس الكبير ، ولهذا فإن القوة ق٢ التي يجب أن تؤثر علي المكبس الكبير يمكن تحديدها بالآتي :

القوة ق٢ علي المكبس الكبير = الضغط الواقع عليه 5 مساحة المكبس الكبير

$$ق_٢ = \frac{ق_١ \; 5 \; س_٢}{س_١}$$

أو يمكن كتابتها كالآتي :

$$\frac{ق_١}{ف_٢} = \frac{س_١}{س_٢}$$

حيث أن :

$ق_1$ ≡ القوة المؤثر علي المكبس الصغير

$ق_2$ ≡ القوة المؤثر علي المكبس الكبير

$س_1$ ≡ مساحة المكبس الصغير

$س_2$ ≡ مساحة المكبس الكبير

الأسئلة والتمارين:

١/ ما هي العوامل التي تؤثر في مقدار ضغط السائل ؟

٢/ لماذا تكون جدران السدود التي تحبس الماء سميكة ؟

٣/ لماذا يوضع خزان المياه (الصهريج) في البلدة في أعلي مكان فيها ؟

٤/ أذكر نص قاعدة باسكال .

٥/ سائل كثافته ٠,٧٨جم /سم^3 ما مقدار الضغط الناتج في نقطة علي عمق ٥٠ سم من السطح متجاهلاً الضغط الجوي مرة وآخذاً في الاعتبار الضغط الجوي مرة أخري علماً بأن الضغط الجوي يساوي ٧٥ سم /زئبق . وأن كثافة الزئبق ١٣,٦ جرام/ سم^3 .

٦/ ما مقدار العمق الذي يمكن لغواص أن يصل إليه في ماء البحر علماً بأن السترة التي يرتديها تتحمل ضغط مقداره ٢٥,٧٥ ثقل كجم وأن كثافة ماء البحر ١,٠٣جم/سم^3 ((تجاهل الضغط الجوي)) .

٧/ مكبس مائي مساحة مكبسه الصغير ٢٠ سم مربع ومساحة مكبسه الكبير ٤٠٠٠ سم مربع أثرت علي مكبسه الصغير قوة مقدارها ٥ثقل كجم ما مقدار القوة الناتجة علي المكبس الكبير .

قاعدة أرشميد س

لعلك لاحظت أثناء سباحتك أن الماء يدفعك من أسفل إلي أعلي . وشعرت بذلك بأنك أخف وزناً . ولعلك لاحظت أيضا أن وزن الأجسام وهي مغمورة في الماء أقل من وزنها في الهواء . وأن بعض الأجسام إذا غمرت في الماء فإن الماء يدفعها لتستقر طافية علي سطحه .

هذه الملاحظات وغيرها تؤكد أن السوائل تدفع الأجسام التي تنغمر فيها إلي أعلي بقوة تعرف بقوة دفع السائل .

ولتعيين قوة دفع السائل للجسم المغمور فيه يمكن إجراء النشاط الآتي :

- خذ جسماً وليكن اسطوانة معدنية وعلقه في طرف ميزان زنبركي وسجل وزنه في الهواء .
- أغمر الجسم بأكمله في الماء وسجل وزنه الجديد .

تلاحظ أن وزن الجسم نقص مما يدل علي وجود قوة دفع تؤثر علي الجسم من أســـفل لأعلي وتعمل علي تقليل وزنه أي أن :

قوة دفع السائل = وزن الجسم في الهواء - وزنه وهو مغمور تماماً في السائل

وكان أرشميدس هو أول من توصل إلي هذه الحقيقة ووضع ذلك في قاعدة سميت باسمه وتنص علي : (كل جسم مغمور كلياً أو جزيئاً في سائل فإنه يواجه قوة دفع من أسفل لأعلي تعادل وزن السائل المزاح) .

العوامل التي تؤثر في مقدار قوة دفع السائل للجسم :

Q قوة دفع السائل للجسم = وزن السائل المزاح

= حجم السائل المزاح × كثافة السائل

= حجم السائل المغمور × كثافة السائل

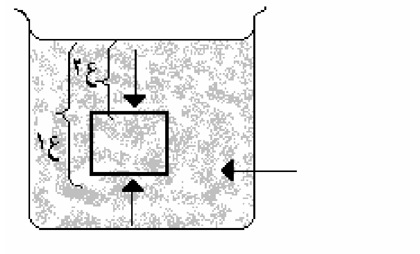
١ قوة دفع السائل للجسم = حجم الجسم المغمور 5 كثافة السائل

ومن هذه العلاقة يتضح أن قوة دفع السائل تتوقف علي :

١/ حجم الجسم المغمور ٢/ كثافة السائل .

ولا تتوقف علي كتلة الجسم أو وزنه .

إثبات قاعدة أرشميد س نظرياً :



شكل (٢٢)

أفرض أن اسطوانة معدنية مساحة مقطعها س سنتمتر مربع مغمورة في سائل كما في الشكل (٢٢) علي اليسار ، فإنها تتعرض لثلاثة ضغوط :

(١) ضغط جانبي يؤثر علي السطح الجـــانبي ،

وبديهي أن الضغط الذي يؤثر علي السطح الجانبي للاسطوانة في اتجاه يعادله الــضغط الذي يؤثر عليه في الجانب المقابل لأنهما في اتجاهين متضادين لذلك يكـــون الــضغط الجانبي صفراً.

(١) ضغط رأسي يؤثر علي القاعدة السفلي ومقداره (ع١ × ث) إلي أعلي .

\ **القوة الضاغطة علي القاعدة السفلي = ع١ 5 ث 5 س إلي أعلي**

(٣) ضغط رأسي يؤثر علي القاعدة العليا للأسطوانة مقدارها (ع٢ × ث) إلي أسفل.

\ **القوة الضاغطة علي القاعدة العليا = ع٢ 5 ث 5 س إلي أسفل**

.بما أن القوتين الرأسيتين تعملان في اتجاهين متضادين إذاً محصلتهما = الفرق بينهما.

Q القوة الضاغطة الرأسية الكلية = ع١× ث × س - ع٢ × ث × س

= (ع١ - ع٢) × س × ث

= ارتفاع الأسطوانة × مساحة المقطع × كثافة السائل

= حجم الأسطوانة × كثافة السائل

ويكون اتجاهها من أسفل إلي لأعلي ويطلق عليها اسم قوة الدفع .

\ **قوة دفع السائل = حجم الجسم × كثافة السائل .**

تطبيقات علي قاعدة أرشميد س:

إيجاد الثقل النوعي لجسم صلب :

يعرف الثقل النوعي لمادة ما بأنه النسبة بين كتلة حجم معين من المادة إلي كتلة حجم مساوٍ له من الماء .أي أن:

$$\text{الثقل النوعي} = \frac{\text{كتلة حجم معين من المادة}}{\text{كتلة نفس الحجم من الماء}}$$

وكما تعلم إذا غمر جسم في الماء تماماً فإنه يزيح حجماً مساوياً له من الماء ، وهذا الماء المزاح يعادل قوة دفع الماء التي يواجهها الجسم .

$$\backslash\ \text{الثقل النوعي} = \frac{\text{كتلة حجم معين من المادة}\ (\text{وزن الجسم في الهواء})}{\text{كتلة نفس الحجم من الماء}\ (\text{وزن الماء المزاح})}$$

$$\backslash\ \text{الثقل النوعي للجسم الصلب} = \frac{\text{وزن الجسم في الهواء}}{\text{قوة دفع الماء علي الجسم}}$$

إيجاد الثقل النوعي لسائل:

تعتمد الفكرة علي اختيار جسم ينغمر في كلٍ من الماء والسائل المراد إيجاد الثقل النوعي له . وفي هذه الحالة فإن الجسم يزيح حجماً متساوياً لكلٍ من الماء والسائل .

$$\text{أي أن : الثقل النوعي للسائل} = \frac{\text{كتلة حجم السائل المزاح}}{\text{كتلة الماء المزاح}}$$

$$\backslash\ \text{الثقل النوعي للسائل} = \frac{\text{قوة دفع السائل}}{\text{قوة دفع الماء}}$$

الطفـــــــو

من الظواهر المألوفة أنه إذا ألقيت قطعة من الخشب في الماء ،فأنها تطفو فوق سطح الماء ، وإذا ألقيت قطعة من الحديد فإنها تغوص في الماء . وتفسير هذه الحقيقة نظرياً كما يأتي :

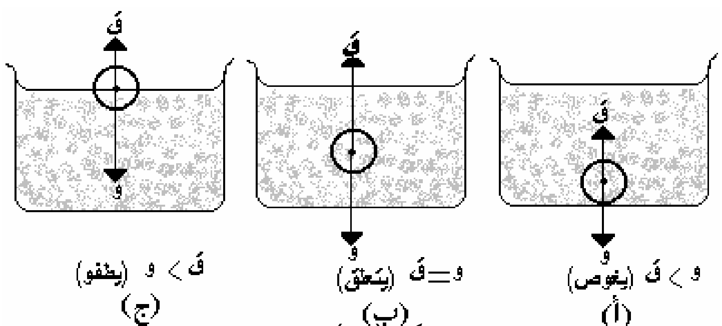
إذا وضع جسم في سائل فإنه يكون متأثراً بقوتين :

(١) وزن الجسم لأسفل (و) .

(٢) قوة دفع السائل لأعلي (ق) .

وحيث أن هاتين القوتين تعملان في اتجاهين متضادين فـــأن الجـــسم يـــستقر في اتجـــاه محصلتهما، علي النحو الآتي :

- إذا كان وزن ا جسم أكبر من قوة دفع السائل يغوص الجسم حتى يصل إلي القاع.
- وإذا كان وزن الجسم يساوي قوة دفع السائل يتعلق الجسم في باطن السائل.
- وإذا كان وزن الجسم أقل من قوة دفع السائل يطفو الجسم فوق سطح السائل .كما في الشكل (٢٣ ،أ ،ب ،ج) .



شكل (٢٣)

أو يمكن تفسير الحقائق أعلاه بمقارنة كثافة الجسم وكثافة السائل علي النحو الآتي:

- إذا كانت كثافة الجسم أكبر من كثافة السائل يغوص الجسم حتى يصل إلي القاع.
- وإذا كانت كثافة الجسم مساوية لكثافة السائل يتعلق الجسم في باطن السائل.
- وإذا كانت كثافة الجسم أقل من كثافة السائل يطفو الجسم بحيث يظهر منه جزء فوق سطح السائل .

قانون الطفو :

(إذا طفا جسم في سائل فإنه يزيح مقداراً من السائل يكون وزنه مساوياً لوزن الجسم) .

ويمكن التعبير عن قانون الطفو بصيغة رياضية كالآتي :

وزن الجسم الطافي = وزن السائل الذي يزيحه الجزء المغمور من الجسم
حجم الجسم الطافي 5 كثافته = حجم الجزء المغمور من الجسم 5 كثافة السائل

مثال :

قطعة من الفلين حجمها ٤٠ سنتمتراً مكعباً تطفو فوق الكحول . كم يكون حجم الجزء المغمور منها فيه علماً بأن كثافة الفلين ٠,٢٤ جم/سم^{٣} وكثافة الكحول ٠،٨جم/سم^{٣} .

Q حجم الجسم × كثافته = حجم الجزء المغمور × كثافة السائل .

٤٠ × ٠,٢٤ = ح × ٠,٢٨جم/سم^{٣}

\ ح = $\frac{٤٠ \text{ 5 } ٠,٢٤}{٠,٨}$ = ١٢ سم^{٣}

\ حجم الجزء المغمور من قطعة الفلين = ١٢ سم٣ .

تطبيقات عملية علي قانون الطفو :

١/ استخدام الطفو في تعيين كثافة جسم صلب أو سائل :

تتلخص الفكرة في اختيار جسم صلب منتظم المقطع مساحة مقطعه س سنتمير مربع (يفضل من الخشب أو الفلين) بحيث يطفو رأسياً في السائل . ثم نقيس ارتفاع الجسم وليكن $ع_{١}$ سنتمير ، وارتفاع الجزء المغمور من الجسم في السائل وليكن ع٢ سنتمير ، وبتطبيق قانون الأجسام الطافية يكون :

وزن الجسم الطافي = وزن السائل المزاح

س × $ع_{١}$ × $ث_{١}$ = س × $ع_{٢}$ × $ث_{٢}$

\ $ع_{١} ث_{١} = ع_{٢} ث_{٢}$

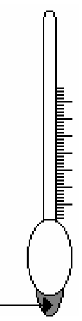
حيث أن :

$ع_{١}$ ≡ ارتفاع الجسم كله ، $ث_{١}$ ≡ كثافة الجسم .

$ع_2$ ≡ ارتفاع الجزء المغمور من الجسم ، $ث_2$ ≡ كثافة السائل .

٢/ الهيدرومتر :

وهو عبارة عن أنبوبة طويلة ورقيقة مسدودة من أعلي وتنتهي من أسفل بانتفاخ به قليل من كرات الرصاص أو الزئبق لكي يستقر رأسياً عند وضعه في أي سائل يراد قياس كثافته . الأنبوبة الطويلة مدرجة بحيث تدل علي كثافة السائل مباشرةً . وعند ما يراد قياس كثافة السائل يوضع الهيدرومتر في السائل ليطفو رأسياً فيه وعند ما يستقر تؤخذ قراءة التدريج المحاذي لسطح السائل فتدل علي كثافته كما في الشكل (٢٤).



شكل (٢٤)

٣/السفن :

من الملاحظ أن السفن الضخمة تطفو فوق الماء رغم كونها مصنوعة من الحديد ورغم أنها تحمل أثقالاً كبيرة من البضائع ، بينما يغوص مسمار من الحديد في الماء وربما يتساءل المرء عن السبب والسبب يعود كما علمت سابقاً لقوة دفع الماء الكبيرة علي السفينة بسبب تجويفها (حجمها) الكبير جداً الذي يجعل قوة دفع الماء علي السفينة أكبر من وزنها فتطفو . ومن الجدير بالذكر أنه كلما زادت حمولة السفينة أزداد حجم الجزء المغمور منها وعليه يكون لكل سفينة حمولة معينة لا يصح أن تتجاوزها وإلا تعرضت للغرق . وقد وضعت خطوط علي جانب السفينة تمثل حدود الأمان حسب الظروف المختلفة ، أول من نجح في عمل هذه الخطوط العالم صمويل بليمسول سنة ١٨٩٠م .

٤/ الغواصة:

هي عبارة عن سفينة مغلقة من جميع الجهات يمكنها أن تسير تحت الماء أو أن تطفو علي سطحه . يوجد بداخل الغواصة أحواض ضخمة عند ما تمتلئ بالماء يزيد وزن الغواصة فتأخذ في الهبوط تحت سطح الماء ، وعندما تفرغ الأحواض من الماء يقل وزن الغواصة فتطفو.

٥/ الأحواض العائمة:

هي أحواض ضخمة من الحديد تستطيع أن تعوم فوق سطح الماء والغرض منها هو حمل السفينة المراد إصلاح أي خلل في الجزء المغمور منها أو انتشال السفن الغارقة في الماء .

فكرة عمل الأحواض العائمة هي نفس فكرة عمل الغواصة ،وهي عندما يمــلأ فــراغ الأحواض بالماء تغوص داخل الماء وعندئذ تدفع السفينة لتستقر فوقه ثم يفرغ المــاء تــدريجياً فيأخذ الحوض في الصعود حتى يطفو فوقً الماء حاملاً معه السفينة المراد إصلاحها ، وبعد ذلك يملأ فراغ الأحواض بالماء مرة أخري فيغوص تحت الماء ثم تدفع السفينة خارجه.

٦/أطواق النجاة :

وهي عبارة عن أكياس من القماش لا يسمح بنفاذ الماء محشوة بقطع من الفلين .

فائدة أطواق النجاة :

عندما يتعلق بها شخص فإنهما يصبحان بمثابة جسم واحد حجمه كبير فتزداد بالتالي قوة دفع الماء عليهما إلي الحد الذي يجعل الشخص يطفو بسهولة فوق سطح الماء .

تطبيق قاعدة أرشميد س علي الغازات (البالون) :

إن الغازات مثل السوائل ، فكما للسوائل ضغط ، للغازات ضغط أيضاً ، وعلي ذلــك يكون وزن الجسم في الهواء أقل من وزنه في الفراغ بمقدار قوة دفع الهواء للجسم التي يتوقف مقدارها علي :

(أ) حجم الجسم

(ب) كثافة الهوا ء أو الغاز .

وبناءً علي ذلك فإن قاعدة أرشميد س وقانون الطفو يمكن تطبيقهما علي الهواء والغازات كما يطبقان علي السوائل.

البالون :

عبارة عن غلاف علي شكل كرة كبيرة مصنوع من قماش حريري مدعم بالمطاط . يملأ البالون بغاز كثافته أقل من كثافة الهواء كغاز الهيدروجين أو الهيليوم . تتعلق بالبالون كبينــة للركاب بواسطة حبال متينة تتدلي من شبكة تغطي البالون .تزود هذه الكبينة ببعض أكياس من الرمل وبوصلة .

صعود البالون وهبوطه:

يثبت البالون بحبال تتصل بأوتاد ، ثم يملأ بالهيدروجين أو الهيليوم ، وعندئذ تكون قــوة دفع الهواء عليه أكبر من وزنه لذلك إذا نزع اتصاله بالأرض يرتفع إلي أعلي إلي ارتفاع معين، وإذا أريد له الارتفاع إلي مستوي أعلي من ذلك تلقي بعض أكياس الرمل ليقل وزنه ويزداد

ارتفاعه لأعلي . وعندما يراد للبالون الهبوط يسمح للغاز الذي يملأه بالتسرب التدريجي فيقل حجم البالون فيهبط تدريجياً لأسفل.

القوة الرافعة للبالون :

القوة الرافعة للبالون = قوة دفع الهواء علي البالون ـ وزن البالون وما به من غاز

مثال:

بالون حجم مستودعه ١٥٠٠ متراً مكعباً ، مملوء بغاز الهيليوم . فإذا كان وزن البالون وهو فارغ ١٣٠ ثقل كجم أحسب قوة رفع البالون علماً بأن كثافة الهيليوم ٠,١٨جرام /لتـــر وكثافة الهواء ١,٣ جرام/ لتر ، وكم تكون قوة رفع البالون عندما يركب فيـــه شخـــصان وزنهما ١٥٠ ثقل كجم (واحد متر مكعب = ١٠٠٠لتر) .

وزن الهيليوم الذي يملأ البالون = ١٥٠٠ × ١٠٠٠ × ٠,١٨

=٢٧٠٠٠٠ ثقل كجم

=٢٧٠ ثقل كجم

وزن البالون + وزن الغاز الذي يملأه = ٢٧٠+١٣٠

= ٤٠٠ ثقل كجم

قوة دفع الهواء علي البالون =حجم البالون × كثافة الهواء

= ١٥٠٠ 5 ١٠٠٠ 5 ١,٣

=١٩٥٠ ثقل كجم

Q قوة رفع البالون = قوة دفع الهواء عليه ـ وزنه وما به من ماء

= ١٩٥٠ ـ ٤٠٠

= ١٥٥٠ ثقل كجم

وزن البالون والشخصين = ٤٠٠ + ١٥٠ =٥٥٠ ثقل كجم

قوة رفع البالون الجديدة = ١٩٥٠ - ٥٥٠

= ١٤٠٠ ثقل كجم .

الأسئلة والتمارين :

١/ ما هي العوامل المؤثرة في قوة دفع السائل ؟

٢/ علل لماذا يغوص مسمار من الحديد في الماء بينما تطفو السفينة الكبيرة المصنوعة من نفس المادة؟

٣/ صف طريقة صعود وهبوط البالون ثم بين ما هو المقصود بالقوة الرافعة للبالون ؟

٤/ بين متي يطفو الجسم فوق سطح السائل ومتي يغوص بداخله ؟

٥/ يزن جسم في الهواء ٣٢٠ ثقل جرام ويزن وهو مغمور تماماً في الكحول ٢٨٠ ثقل جرام فإذا كان حجم الجسم ٥٠ سم٣ فما هي كثافة الكحول؟

٦/ قطعة من النحاس كتلتها ٢٢٠جرام علقت في ميزان زنبركي بحيث تنغمر تماماُ في الماء فما مقدار وزنها وهي مغمورة تماماً في الماء علماً بأن كثافة النحاس والماء ٨,٨ ، ١ جرام/سم^{3} علي الترتيب ؟

٧/ قطعة من الزجاج وزنها في الهواء ٣٠ ثقل جرام ووزنها وهي مغمورة تماماً فى الماء ١٨ ثقل جرام ووزنها وهي مغمورة تماماً في الكيروسين ٢٠,٦٤ ثقل جرام أحسب كثافة كلٍ من الزجاج والكيروسين علماً بأن كثافة الماء ١ جرام / سم٣ .

٨/ جسم حجمه ٣٠٠ سم٣ وكثافة مادته ٠,٧٥ جرام/سم٣ أحسب مقدار حجم ما يظهر منه إذا وضع أولاً في ماء ،وثانياً في الجليسرين علماً بأن كثافة الماء والجليسرين ١، ١,٢٥ جرام /سم٣ علي الترتيب .

٩/ بالون حجمه ١٠٠٠ متراً مكعباً مملوءاً بغاز الهيدورجين فإذا كان وزن المادة المصنوع منها ١٢٠ ثقل كجم هل يستطيع هذا البالون حمل ستة أشخاص وزن الواحد منهم ٨٠ ثقل كجم علماً بأن كثافة الهواء والهيدروجين ١,٢٩، ٠,٠٩ جرام /سم٣ .

قـــــانون أوم

لعلك تذكر من دروسك السابقة كيف تنتقل الحرارة بين جسمين إذا اتصلا بعضهما البعض ، ولعلك تذكر أيضاً كيف إنك استفدت من ذلك في فهم كيفية انتقال الشحنات الكهربية بين جسمين إذا اتصلا معاً .

هل تتذكر المقصود بالجهد الكهربي في نقطة ما ؟ وهل تتذكر ماذا يعني فرق الجهد الكهربي بين نقطتين ؟ إن سريان التيار الكهربي في موصل يعود إلى وجود فرق الجهد الكهربي بين طرفي ذلك الموصل ، بل وتوجد علاقة رياضية بين شدة التيار الكهربي المار في موصل ما وفرق الجهد بين طرفي ذلك الموصل يعود اكتشافها إلى العالم الألماني (سيجموند أوم) (OHM) يطلق عليها قانون أوم .

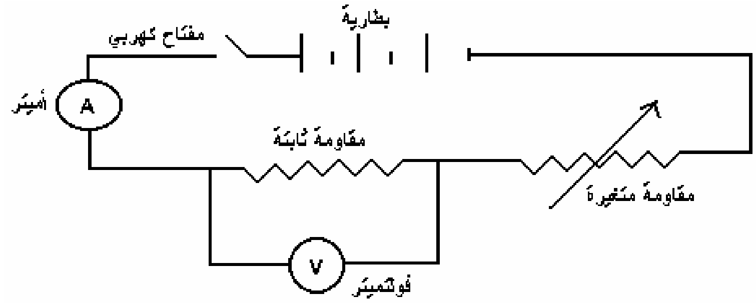
نشاط لاستنتاج قانون أوم :

الأدوات والأجهزة المطلوبة :

مصدر طاقة كهربية ، مفتاح كهربي ، مقاومة ثابتة ، مقاومة متغيرة ، أميتر ، فولتميتر ، أسلاك توصيل .

طريقة إجراء النشاط :

(أ) كوّن الدائرة الكهربية كما في الشكل (٥٧) ، (البطارية ، المفتاح الكهربي ، الأميتر، المقاومة الثابتة والمتغيرة) جميعها موصلة على التوالي أما الفولتميتر موصل على التوازي بين طرفي المقاومة الثابتة .



شكل (٥٧)

(ب) أقفل المفتاح وسجل قراءة الأميتر (شدة التيـــار الكهـــربي) وقـــراءة الفـــولتميتر (فرق الجهد).

(ج) غيّر من مقدار المقاومة المتغيرة عدة مرات وفي كل مرة ســـجل قـــراءتي الأميتـــر والفولتميتر .

(د) أحسب قيمة $\frac{\text{قراءة الفولتميتر (جـ)}}{\text{قراءة الأميتر (ت)}}$ في كل مرة

(هـ) دوِّن النتائج كما في الشكل أدناه :

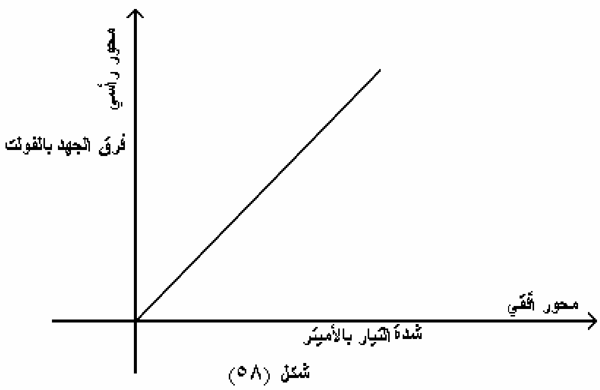
قراءة الفولتميتر (جـ) بالفولت	قراءة الأميتر (ت) بالأميتر	قراءة الفولتميتر (جـ) / قراءة الأميتر (ت)
جـ ١	ت ١	جـ ١ / ت ١
جـ ٢	ت ٢	جـ ٢ / ت ٢
جـ ٣	ت ٣	جـ ٣ / ت ٣

إذا كانت درجة الحرارة ثابتة أثناء القيام بالنشاط تجد أن المقدار:

$$\frac{\text{فرق الجهد بالفولت}}{\text{شدة التيار بالأميتر}} = \text{مقداراً ثابتاً}$$

من النتائج أعلاه يمكن استنتاج الآتي :

فرق الجهد يتناسب تناسباً طردياً مع شدة التيار الكهربي، كما يمكن عمل رسم بياني للنتائج المتحصل عليها من الجدول أعلاه توضح العلاقة بين فرق الجهد وشدة التيار الكهربي شكل (٥٨) .



شكل (٥٨)

الخط المستقيم الناتج من الرسم البياني يحقق صحة العلاقة بين شدة التيار وفرق الجهد الكهربي .

من النشاط ونتائجه يمكن صياغة قانون أوم على هذا النحو :

عند ثبوت درجة حرارة الموصل يتناسب فرق الجهد بين طرفيه تناسباً طردياً مع شدة التيار الكهربي المار فيه .

أو بصيغة رياضية :

$$\frac{\text{فرق الجهد (جـ)}}{\text{شدة التيار (ت)}} = \text{مقدار ثابت}$$

المقدار الثابت اصطلح على تسميته بالمقاومة (م)

$$\frac{\text{فرق الجهد (جـ) بالفولت}}{\text{شدة التيار (ت) بالأمبير}} = \text{المقاومة (م) بالأوم} \qquad ١$$

ملاحظات عن الدائرة الكهربية :

- لا يمر تيار كهربي فى الدائرة الكهربية إلا إذا كانت مغلقة وبها مصدر للتيار الكهربي .
- الأجهزة الكهربية الموصلة على التوالي شدة التيار الكهربي فيها متساوية بينما يتجزأ فرق الجهد بين تلك الأجهزة الكهربية .
- الأجهزة الكهربية الموصلة على التوازي فرق الجهد فيها متساوٍ بينما تتجزأ شدة التيار الكهربي .

٢/ توصيل المقاومات الكهربية :

كما علمت من قانون أوم أن قيمة التيار الكهربي في أي دائرة كهربية تتوقف على مقدار المقاومة الكلية في تلك الدائرة ومما لا شك فيه أن الحصول على تيارٍ مناسب الشدة يستلزم وجود مقاومة كلية كبيرة أو صغيرة مكافئة لعدة مقاومات توصل معاً بإحدى الطرق الآتية :

١. توصيل على التوالي .
٢. توصيل على التوازي .
٣. توصيل مختلط .

أ) توصيل المقاومات الكهربية على التوالي :

أفرض أن : ($م_١$ ، $م_٢$ ، $م_٣$) ثلاث مقاومات موصلة على التوالي شكل (٥٩) .

Q المقاومات على التوالي .

∴ شدة التيار الكهربي المار فى كلٍ منها متساوٍ بينما يتجزأ فرق الجهد بينها وعلى حسب قانون بقاء الطاقة .

فرق الجهد الكلي =

فرق الجهد بين طرفي $م_١$ + فرق الجهد بين طرفي $م_٢$ + فرق الجهد بين طرفي $م_٣$

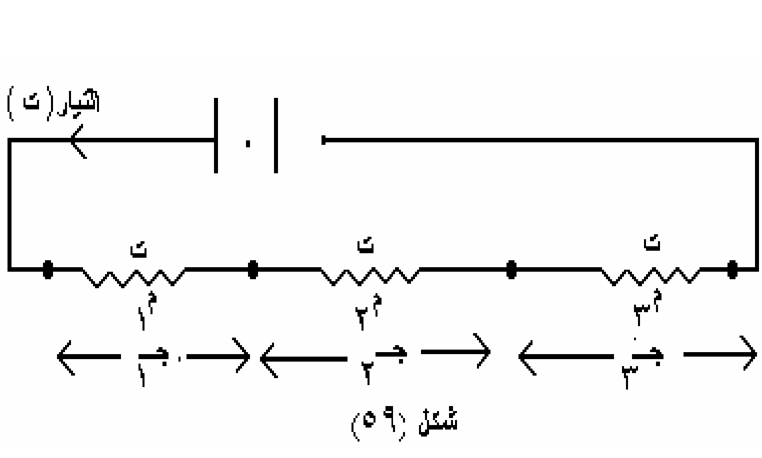
ت × المقاومة الكلية = ت $م_١$ + ت $م_٢$ + ت $م_٣$

\ المقاومة الكلية = $م_١$ + $م_٢$ + $م_٣$ + ...

وإذا كانت المقاومات الموصلات على التوالي متساوية فإن:

المقاومة الكلية = مقاومة واحدة × عدد المقاومات

يتضح مما سبق أن توصيل المقاومات على التوالي يزيد من مقدار المقاومة الكلية وبالتالي يقلل من شدة التيار الكهربي ، ولهذا السبب تستعمل طريقة التوصيل على التوالي فى الدوائر الكهربية التي تتطلب تياراً صغيراً .



شكل (٥٩)

ب) توصيل المقاومات على التوازي :

أفرض أن $\text{م}_{١}$ ، $\text{م}_{٢}$ ، $\text{م}_{٣}$ ثلاث مقاومات موصلات على التوازي شكل (٦٠) ، في حالة توصيل المقاومات على التوازي تكون المقاومات جميعها تحت فرق الجهد نفسه بينما تختلف شدة التيار المار فيها . وعلى هذا :

التيار الكلي = تيار المقاومة $\text{م}_{١}$ + تيار المقاومة $\text{م}_{٢}$ + تيار المقاومة $\text{م}_{٣}$

$$\text{Q} \quad \text{التيار} = \frac{\text{فرق الجهد}}{\text{المقاومة}} = \frac{\text{جـ}}{\text{م}}$$

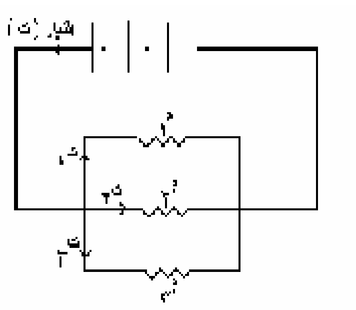
Q فرق الجهد ثاب وليكن جـ .

$$\therefore \frac{\text{جـ}}{\text{المقاومة الكلية}} = \frac{\text{جـ}}{\text{م}_{١}} + \frac{\text{جـ}}{\text{م}_{٢}} + \frac{\text{جـ}}{\text{م}_{٣}}$$

$$\frac{١}{\text{المقاومة الكلية}} = \frac{١}{\text{م}_{١}} + \frac{١}{\text{م}_{٢}} + \frac{١}{\text{م}_{٣}} \ldots$$

وإذا وصلت عدة مقاومات كهربية متساوية على التوازي وكان مقدار كل منـــها أوم ستكون المقاومة الكلية على هذا النحو :

$$\text{المقاومة الكلية} = \frac{\text{م}}{\text{ن}}$$



شكل (٦٠)

حيث: م ≡ مقاومة واحدة .

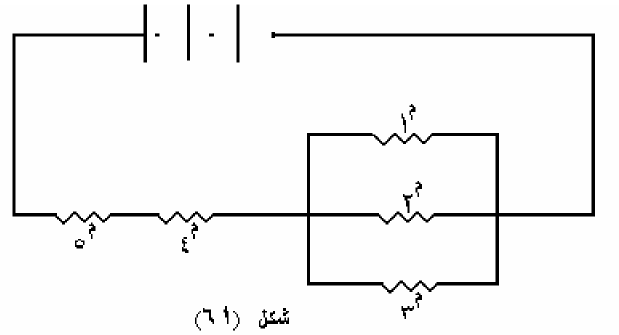
ن ≡ عدد المقاومات .

وعلى ذلك يتضح أن توصيل المقاومـــات علـــى التوازي يقلل من مقدار المقاومة الكلية ولهذا يـــستعمل

توصيل المقاومـــات بهذه الطـــريقة في الدوائر الكهـــربية التي تتطلب تياراً كهربياً كبيراً .

ب) توصيل المقاومات الكهربية بطريقة مختلطة (التضاعف):

هذه الطريقة تعني أن مجموعة من المقاومات توصل على التوالي ومجموعة أخرى توصل على التوازي ، وتوصل المجموعتان في دائرة واحدة كما في



شكل (٦١)

شكل (٦١) .

المقاومات $م_{١}$ ، $م_{٢}$ ، $م_{٣}$ موصلات على التوازي بينما المقومتان $م_{٤}$ ، $م_{٥}$ موصلتان على التوالي . ولإيجاد المقاومة الكلية تتبع الخطوات الآتية :

- المقاومة الكلية للمقاومات $م_{١}$ ، $م_{٢}$ ، $م_{٣}$ تحسب كالآتي :

$$\frac{١}{مَ} = \frac{١}{م_{١}} + \frac{١}{م_{٢}} + \frac{١}{م_{٣}}$$

- المقاومة الكلية للمقاومتين $م_{٤}$ ، $م_{٥}$ تحسب كالآتي :

$$مً = م_{٤} + م_{٥}$$

∴ المقاومة الكلية للدائرة = م- + مً

من الشكل (١-٤) يمكن حساب التيارات المتجزئة ($ت_{١}$ ، $ت_{٢}$ ، $ت_{٣}$) على النحو التالي :

- المقاومات موصلات على التوازي

∴ فرق الجهد فيها جميعاً متساوٍ ويساوي مقداراً ثابتاً وليكن جـ فولت (وهو فرق الجهد الكلي) وعلى ذلك يكون :

فرق الجهد الكلي = فرق الجهد في المقاومة $م_{١}$ = فرق الجهد في المقاومة $م_{٢}$ = فرق الجهد في المقاومة $م_{٣}$.

ت م = ت$_{١}$ م$_{١}$ = ت$_{٢}$ م$_{٢}$ = ت$_{٣}$ م$_{٣}$

∴ ت$_{١}$ م$_{١}$ = ت م ← ت$_{١}$ = $\frac{\text{ت م}}{\text{م}_{١}}$

بالمثل :

∴ ت$_{٢}$ م$_{٢}$ = ت م ← ت$_{٢}$ = $\frac{\text{ت م}}{\text{م}_{٢}}$

∴ ت$_{٣}$ م$_{٣}$ = ت م ← ت$_{٣}$ = $\frac{\text{ت م}}{\text{م}_{٣}}$

حيث أن :

ت ≡ التيار الكلي

م ≡ المقاومة الكلية للجزء الذي توزع فيه التيار الكهربي

ت$_{١}$ ≡ تيار الفرع الأول .

م$_{١}$ ≡ مقاومة الفرع الأول .

ومما سبق يمكن صياغة القانون بصورة عامة على النحو التالي :

تيار الفرع = $\frac{\text{التيار الكلي × المقاومة الكلية}}{\text{مقاومة الفرع}}$

مثال (١):

ثلاث مقاومات متساوية مقدار كل منها ٦٠ أوم كيف يمكن توصيلها بأربع طرق مختلفة لتعطي أربع مقاومات كلية مكافئة ، ثم أحسب مقدار المقاومة الكلية في كل حالة ، مع توضيح إجابتك بالرسم .

الحل :

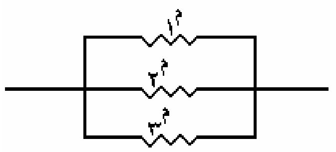
أولاً على التوالي :



المقاومة الكلية = م$_{١}$ + م$_{٢}$ + م$_{٣}$

= ٦٠ × ٣ = ١٨٠Ω

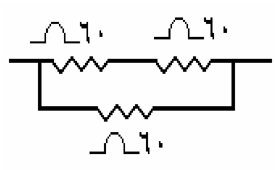
ثانيا :على التوازي :



$$\frac{\text{١}}{\text{المقاومة الكلية}} = \frac{\text{١}}{\text{م١}} + \frac{\text{١}}{\text{م٢}} + \frac{\text{١}}{\text{م٣}}$$

$$= \frac{\text{١}}{\text{٦٠}} + \frac{\text{١}}{\text{٦٠}} + \frac{\text{١}}{\text{٦٠}}$$

∴ المقاومة الكلية = ٢٠ Ω

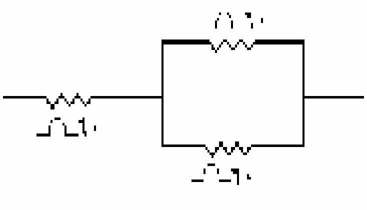


ثالثاً : بطريقة مختلفة على هذا النحو :

مقاومة الفرع الأعلى = ٦٠ + ٦٠ = ١٢٠ Ω

$$\frac{\text{١}}{\text{المقاومة الكلية}} = \frac{\text{١}}{\text{١٢٠}} + \frac{\text{١}}{\text{٦٠}}$$

∴ المقاومة الكلية = ٤٠ Ω

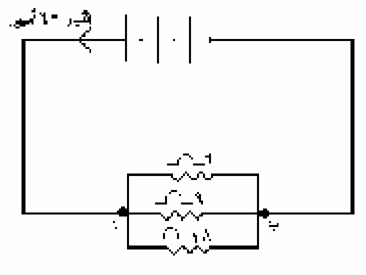


رابعاً : بطريقة مختلطة على هذا النحو :

المقاومة الكلية للمقاومتين الموصلتين على التوازي

$$= \frac{\text{٦٠}}{\text{٢}} = \text{٣٠ } \Omega$$

المقاومة الكلية للدائرة = ٣٠ + ٦٠ = ٩٠ Ω



مثال (٢) :

في الشكل أعلاه أحسب :

١. المقاومة الكلية .
٢. فرق الجهد بين أ ب .
٣. شدة التيار المار في كل مقاومة .

الحل :

$$\frac{1}{\text{المقاومة الكلية}} = \frac{1}{م_1} + \frac{1}{م_2} + \frac{1}{م_3}$$

$$= \frac{1}{6} + \frac{1}{9} + \frac{1}{18} = \frac{3 + 2 + 1}{18}$$

∴ المقاومة الكلية = ٣ Ω

١. فرق الجهد بين أ ب = التيار الكلي × المقاومة الكلية
= ٦ × ٣ = ١٨ فولت

٢. $\text{تيار الفرع} = \frac{\text{التيار الكلي × المقاومة الكلية}}{\text{مقاومة الفرع}}$

تيار المقاومة ٦ Ω $= \frac{6 \times 3}{6} = 3$ أمبير

تيار المقاومة ٩ Ω $= \frac{6 \times 3}{9} = 2$ أمبير

تيار المقاومة ١٨Ω $= \frac{6 \times 3}{18} = 1$ أمبير

مثال (٣) :

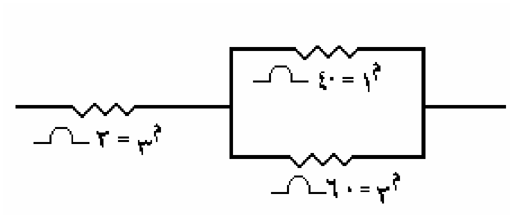
مقاومتان مقدارهما ٤٠ ، ٦٠ أوم موصلتان على التوازي فإذا وصلت مقاومة ثالثة مقدارها ٢ أوم على التوالي مع المجموعة . وإذا كان فرق الجهد بين طرفي المقاومة الثالثة ٤ فولت :

١. ارسم شكل الدائرة الكهربية الموصوفة أعلاه .
٢. ما مقدار :

أ) المقاومة الكلية للدائرة .
ب) التيار الكلي للدائرة .
ج) التيار المار في كل مقاومة .

الحل :

١.



أ) المقاومة الكلية للمقاومتين م١ ، م٢ .

$$\frac{١}{\text{المقاومة الكلية}} = \frac{١}{م_١} + \frac{١}{م_٢} = \frac{١}{٤٠} + \frac{١}{٦٠}$$

∴ المقاومة الكلية = ٢٤ Ω

∴ مقاومة الدائرة = ٢٤ + ٢ = ٢٦ Ω

ب) التيار الكلي للدائرة = تيار المقاومة $م_٣$ = $٤/٢$ = ٢ أمبير

ج) ∴ تيار الفرع = $\frac{\text{التيار الكلي × المقاومة الكلية}}{\text{مقاومة الفرع}}$

∴ تيار المقومة $م_١$ = $\frac{٢ \times ٢٤}{}$ = ١,٢ أمبير

∴ تيار المقاومة م$_2$ = $\frac{24 \times 2}{60}$ = ٠,٨ أمبير

$$\frac{40}{60}$$

الأسئلة والتمارين :

١/ ثلاث مقاومات مقاديرها ٦، ٩ ، ١٨ أوم كيف يمكن توصيلها لتعطي :

أ) اكبر مقاومة وما مقدارها ؟

ب) أصغر مقاومة وما مقدارها ؟

ج) مقاومة مقدارها ١٢ Ω.

٢/ مقاومتان مقدار الأولى ١٢ أوم والثانية ٢٤ أوم موصلتان على التوازي إذا وصلت مع المجموعة مقاومة ثالثة مقدارها ١٠ Ω على التوالي ، ما مقدار المقاومة الكلية للدائرة ؟

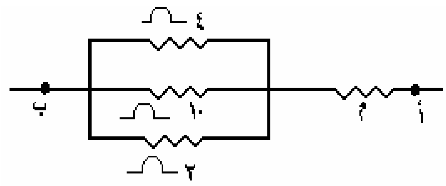
٣/ ما مقدار المقاومة التي إذا وصلت على التوازي مع مقاومة مقدارها ١٠٠ أوم تصبح مقاومتهما الكلية المكافئة ٢٠ Ω ؟

٤/ ثلاث مقاومات مقاديرها ٣ ، ٤ ، ٥ أوم موصلة في دائرة كهربية على التوالي فإذا كان فرق الجهد بين طرفي المقاومة ٥ أوم هو ١٠ فولت أحسب :

أ. شدة التيار المار في كل مقاومة .

ب. فرق الجهد بين طرفي كل مقاومة .

٥/



في الشكل أعلاه إذا كانت المقاومة الكلية بين النقطتين أب تساوي ١٥Ω أحسب مقدار المقاومة م.

٦/ ثلاثة مصابيح كهربية مقاومتها الكهربية ٢٢ ، ٤٤ ، م$_{٣}$ أوم وصلت جميعاً على التوازي بفرق جهد مقداره ١١٠ فولت فإذا كانت شدة التيار الكلي المار فى المصابيح الثلاثة ١١,٩ أمبير أحسب مقدار مقاومة المصباح الثالث (م$_{٣}$) .

٣/ العوامل المؤثرة في مقدار مقاومة موصل :

تدل التجارب المعملية على أن مقاومة الموصل تعتمد على العوامل الآتية :

١. طول الموصل .

٢. مساحة مقطع الموصل (سُمْك) الموصل .

٣. نوع المادة المصنوع منها الموصل .

٤. درجة حرارة الموصل .

ولدراسة العلاقة بين مقدار مقاومة الموصل وكل من العوامل السابقة دلت التجـــارب المعملية التي أجريت على أن :

(تتناسب مقاومة الموصل (م) تناسباً طردياً مع طوله (ل) وعكسياً مع مساحة مقطعه (س) وتتوقف على نوع المادة المصنوع منها الموصل) .

ويمكن كتابة ذلك بصورة رياضية على النحو الآتي :

$$\text{م} \; \mu \; \frac{\text{ل}}{\text{س}}$$

$$\text{م} = \frac{\text{ثابت} \times \text{ل}}{\text{س}}$$

الثابت يعرف بالمقاومة النوعية (ن)

$$\text{م} = \frac{\text{ن ل}}{\text{س}}$$

حيث أن :

م ≡ مقاومة الموصل بالأوم .

ل ≡ طول الموصل بالمتر .

س ≡ مساحة مقطع الموصل بالمتر المربع .

ن ≡ المقاومة النوعية بالأوم × متر .

د) أثر درجة حرارة الموصل على مقاومته :

بوجه عام تزداد مقاومة الموصل المعدني بارتفاع درجة حرارته ويفسر ذلك بأن زيـــادة درجة حرارة الموصل المعدني تعمل على زيادة طاقة الحركة فيزداد تبعاً لك سرعة الجزئيـــات فتزداد فرصة تصادمها بالإلكترونات وبالتالي تزداد مقاومة الموصل ومما يجدر ذكره أن مقاومة بعض السبائك مثل (الكونستانتان) و (المنجانين) لا تتأثر كثيراً بدرجة الحرارة .

q ومما سبق يمكن تعريف المقاومة النوعية بأنها مقاومة موصل منتظم المقطع طوله واحد متر ومساحة مقطعه واحد متر مربع .

الأسئلة والتمارين :

١/ أحسب مقاومة سلك من النحاس طوله ٣ أمتار ومساحة مقطعه ٠,٥ ملليمتر مربع إذا كانت المقاومة النوعية للنحاس ١٥ × ١٠ $^{-٨}$ أوم . متر .

٢/ أحسب مقاومة سلك معدني طوله ١٨٠ متراً وقطره ٠,٥ ملليمتر علماً بأن المقاومة النوعيـــة للمادة المصنوع منها ١,٦ × ١٠ $^{-٦}$ أوم سنتمتر .

٣/ مقاومة كهربية عندما يمر فيها تيار شدته ٣ أمبير يصبح فرق الجهد بين طرفيها ١٢ فولـــت . أحسب المقاومة النوعية لمادتها علماً بأن طولها ٢ متراً ومساحة مقطعها ٠,١ سنتمتراً مربعاً .

٤/ سلك طوله ٦٢٥ متراً ونصف قطره ٢٥ ملليمتراً قيست مقاومته فوجدت أنها ٣٥ أوم فمـــا هي المقاومة النوعية لمادة السلك ؟

٥/ سلك نصف قطره ٠,٧ ملليمتر ومقاومته ٤ أوم ما طوله إذا كانت المقاومة النوعيـــة للمـــادة المصنوع منها ١,٤ × ١٠ $^{-٦}$ أوم سنتمتر .

٦/ سلك قطره ٠,٦ ملليمتر ومقاومته النوعية ١,٨ × ١٠ $^{-٦}$ أوم . سنتمتر أحسب مقاومـــة مـــا طوله كيلومتر من هذا النوع .

٤/ القوة الدافعة الكهربية (ق . د . ك) :

لنأخذ دائرة كهربية شكل (٦٢) مؤلفة من مولد كهربي قوته الدافعة الكهربية (ق) فولت ومقاومته الداخلية $م_{د}$ أوم وجهاز أو أجهزة مقاومتها الخارجية $م_{خ}$ أوم . عند غلق الدائرة الكهربية الموصوفة لمدة من الزمن يعطي المولد الكهربي قوة دافعة كهربية تدفع التيار فى جميع أجزاء الدائرة الداخلية والخارجية يمكن تحديد مقدارها رياضياً على هذا النحو :

$$ق = ت\, م_{خ} + ت\, م_{د}$$

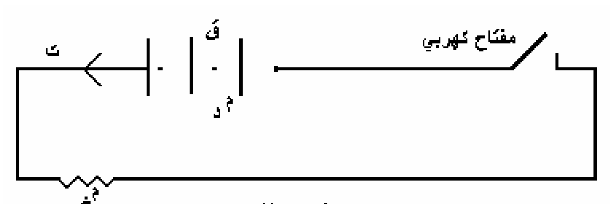
حيث أن :

ق ≡ القوة الدافعة الكهربية .

ت ≡ شدة التيار الكهربي .

$م_{خ}$ ≡ المقاومة الخارجية .

$م_{د}$ ≡ المقاومة الداخلية .



شكل (٦٢)

q تقاس القوة الدافعة الكهربية بالفولتميتر ووحدة قياسها هى الفولت .

Q ت $م_{خ}$ = فرق الجهد الكهربي (جـ)

$$\therefore\ ق = جـ + ت\, م_{د}$$

ويتضح من العلاقة أعلاه أن القوة الدافعة الكهربية (ق) أكبر من فرق الجهد (جـــ) ولكن في حالة عدم وجود أي مقاومة داخلية (م $_{د}$ = صفر) أو في حالة عدم مرور أي تيار كهربي (ت=صفر) عندئذ فإن فرق الجهد الكهربي يساوي القوة الدافعة الكهربية .

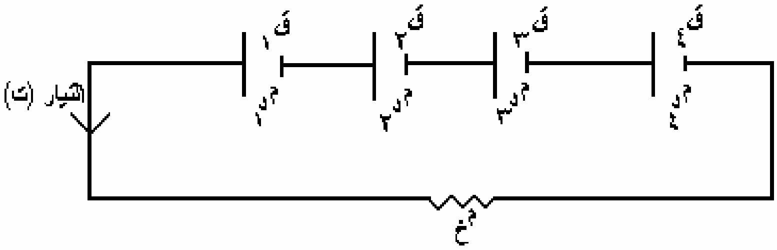
٥/ توصيل الأعمدة الكهربية :

عند الحاجة لزيادة القوة الدافعة الكهربية أو شدة التيار الكهربي لابد من توصيل مجموعة من الأعمدة الكهربية مع بعضها البعض وهناك طريقتان أساسيتان لذلك :

١. توصيل الأعمدة على التوالي .
٢. توصيل الأعمدة على التوازي .

توصيل الأعمدة على التوالي :

إذا وصل القطب الموجب للعمود الأول مع سالب العمود الثاني وموجب العمود الثاني مع سالب العمود الثالث وهكذا تكون الأعمدة موصلة على التوالي كما في شكل (٦٣) .



شكل (٦٣)

ق . د . ك الكلية = ق$_{١}$ + ق$_{٢}$ + ق$_{٣}$ + ق$_{٤}$ + ...

\ **القوة الدافعة الكهربية الكلية = مجموع القوى الدافعة الكهربية للأعمدة جميعاً**

المقاومة الداخلية الكلية = م د$_{١}$ + م د$_{٢}$ + م د$_{٣}$ + م د$_{٤}$ + ...

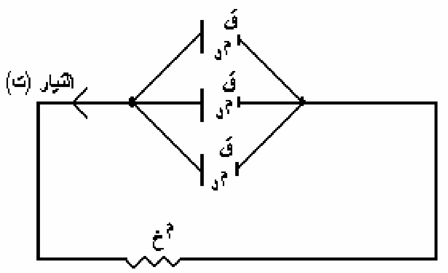
المقاومة الداخلية الكلية = مجموع المقاومات الداخلية للأعمدة جميعاً

ملاحظة :

إذا عكس توصيل أحد الأعمدة أو بعضها تعطي إشارة جبرية سالبة للعمود أو الأعمدة المعكوسة ، أما المقاومة الداخلية الكلية فلا تتأثر بذلك .

توصيل الأعمدة على التوازي :

إذا وصلت الأقطاب الموجبة لجميع الأعمدة معاً في نقطة وجميع الأقطاب السالبة لنفس الأعمدة معاً في نقطة أخرى ، وتكون الأعمدة موصلة على التوازي شكل (٦٤) . في هذه الحالة تكون الأعمدة الكهربية متشابهة أي قوتها الدافعة الكهربية متساوية ومقاومتها الداخلية متساوية أيضاً.



شكل (٦٤)

القوة الدافعة الكهربية الكلية = قوة دافعة كهربية لعمود واحد فقط

المقاومة الداخلية الكلية يمكن حسابها وفق القانون الآتي :

$$\frac{١}{\text{المقاومة الداخلية الكلية}} = \frac{١}{م\,د_{١}} + \frac{١}{م\,د_{٢}} + \frac{١}{م\,د_{٣}} + \ldots$$

الأسئلة والتمارين :

١/ عمود كهربي قوته الدافعة الكهربية ٢ فولت ومقاومته الداخلية ٠,٥ أوم وصل على التوالي مــع عمود آخر قوته الدافعة الكهربية ١,٥ فولت ومقاومته الداخلية ٠,٥ أوم فإذا وصل بقطبي العمودين ملف مقاومته ٦ أوم ، أحسب شدة التيار الكهربي المار . وإذا عكس توصيل العمود الثاني كم تصبح شدة التيار الكهربي عندئذ ؟

٢/ خليتان كهربيتان ق . د . ك لكل منها ٢ فولت والمقاومة الداخلية لكل منها ٠,٥ أوم وصــلت مرة على التوالي وأخرى على التوازي بمقاومة خارجية مقدارها ١٠ أوم أحسب :

أ. تيار الدائرة الكهربية في كل حالة .

ب. التيار الكهربي المار من كل خلية في كل حالة .

٣/ أ ، ب ، جـ ثلاث خلايا كهربية القوة الدافعة الكهربي لهــا ٢ ، ٤ ، ٦ فولــت ومقاومتــها الداخلية ٠,٥ ، ١ ، ١,٥ أوم على الترتيب .وصلت على التوالي بملف مقاومته ٩ أوم أحسب شدة التيار الكهربي الناتج ؟ وإذا عكس توصيل الخلية (ب) ما مقدار التغيير في شدة التيار الكهربي ؟

٤/ بطارية ق . د . ك ١٢ فولت ومقاومتها الداخلــية ٣ Ω وصلــت علــى التوالي مــع بطارية ق . د . ك ٨ فولت ومقاومتها الداخلية ٢ Ω فإذا وصل طرفا البطاريتين بمقاومة خارجية مقدارها ١٠ أوم أحسب شدة التيار الناتج وإذا عكس توصيل البطارية الثانية كم تــصبح شـــدة التيــار الكهربي عندئذ ؟ .

٥/ بطارية مكونة من ٦ خلايا ق . د . ك لكل خلية ١,٥ فولت موصلة على التوالي فــإذا وصــل طرفا البطارية بمقاومة خارجية مقدارها ٦ أوم وجد أن فرق الجهد بين طرفي المقاومــة الخارجيــة ٦ فولت أحسب المقاومة الداخلية لكل خلية ؟ .

كمية الحرارة ودرجة الحرارة

ما هي الحرارة ؟ وما هى درجة الحرارة ؟

عزيزي الطالب عرفت أن المادة تتكون من جزيئات وأن الجزيئات هى أصغر وحدات بناء المادة التي تبقي محتفظة بخواصها الفيزيائية ، كما عرفت أن جزئيات المادة فى حركة مستمرة بالنسبة لبعضها البعض ، كما أنها تتحرك مع بعضها البعض فى كتل ، والجزئيات لمادة ما لها كتلة معينة (ك) لأنها فى حركة مستمرة فلها فى كل لحظة سرعة معينة (ع) ولهذا يكون لكل جزئ طاقة حركة معينة فى تلك اللحظة (= $\frac{1}{2}$ ك ع^{2}) .

والحرارة هى نوع من أنواع الطاقة ،تنجم عن حركة هذه الجزئيات واصطدامها بعضها ببعض وبجدران الوعاء الحاوي لها ، أن الطاقة الحرارية هي نتاج الطاقة الداخلية لجزئيات المادة .

أما درجة الحرارة فهي مقياس للطاقة الحركية لجزئيات المادة ، وهى تعتمد على سرعة هذه الجزئيات فى حركتها ، فكلما زادت سرعة جزئيات المادة زادت درجة حرارتها ، ولهذا إذا كانت جزئيات مادة غازية وأخرى سائلة وثالثة صلبة فى درجة حرارة واحدة فإن طاقة حركتها المتوسطة تكون واحدة بالرغم من اختلاف المسافات التي تفصل بين جزيئاتها ، ومن اختلاف عدد الاتجاهات التي تستطيع هذه الجزئيات أن تتحرك فيها .

فالحرارة شكل من أشكال الطاقة يمكن تحويلها إلى أشكال أخري للطاقة ، كما يمكن تحويل الأشكال الأخرى للطاقة إلى حرارة وبما أنها شكل من أشكال الطاقة فيمكن إعطاؤها للأجسام التي تفتقرها أو امتصاصها وأخذها من الأجسام التي تختزنها . أما مدى إحساسنا بالحرارة أو البرودة عند لمسنا للأشياء هو ما يعبر عنه بدرجة الحرارة . إذا درجة الحرارة هى المستوى الحراري للجسم .

١/ قياس درجة الحرارة :

هل تصلح حاسة اللمس لتحديد درجة حرارة جسم ما ؟

أنت تعلم أنه إذا اتصلت مادتان مختلفتا درجتي الحرارة فإن مقداراً من الطاقة الحرارية ينتقل من المادة ذات الدرجة الأعلى إلى المادة ذات الدرجة الأدنى حتى تتساوى درجتا

حرارتيهما . وإذا لمست جسماً معدنياً فى يوم بارد فإنك تشعر أنه بارد ، أمـــا إذا لمـــست سطحاً خشبياً فإنك تشعر أنه أقل برودة من الجسم المعدني بالرغم من أنهما فى درجة حـــرارة واحدة . كيف تفسر ذلك ؟

لعلك تعرف أن المعادن أجود توصيلاً للحرارة من الخشب ، إذاً فالمعدن يبدو بارداً لأنه يوصل حرارة الأصابع بسرعة عند لمسه ، أما الخشب فإنه يبدو أقل برودة لأنـــه لا يوصـــل الحرارة بالسرعة نفسها التي يوصلها بها المعدن . ومن هنا كان الاعتماد على حاسة اللمس فى قياس درجة الحرارة يوقع فى الخطأ ، وكما أنك باللمس لن تستطيع تحديد مقـــدار درجـــة حرارة جسم ما فإنك أيضاً لن تستطيع لمس حديد مصهور أو ماء يغلي . لهـــذه الأســـباب وغيرها نحتاج إلى أداة أو جهاز يدلنا على درجة حرارة الجسم ، وهذه ما يوفره الترمـــومتر ، ويمكننا أن نعرف درجة حرارة جسم ما بأنها : (عدد ، يبينه الترمومتر ، يدل على حالة الجسم من حيث السخونة أو البرودة عندما يصبح الترمومتر فى نفس درجة حرارة الجسم) .

ودرجة الحرارة ما هي إلا كمية نسبية مثل الرمز ليس من السهل تعريفها تعريفاً محدداً والذي يهمنا كيف نقيسها .

٢/ الترمومترات : Thermometers

ما هو المبدأ الذي يتم على أساسه صنع الترمومترات ؟

هناك كثير من الخواص الفيزيائية التي تتغير بانتظام بتغير درجة الحرارة ، فمثلاً : حجم كمية معينة من سائل ، ضغط كمية معينة من غاز ثابت الحجم ، القوة المحركة الكهربائية عند نقطة اتصال معدنين مختلفين فى دائرة كهربائية مغلقة .

اذكر بعض الصفات الفيزيائية الأخرى التي يمكن أن تتغير بانتظام بتغير درجة الحرارة . .

لو اخترنا إحدى هذه الصفات التي تتغير بانتظام بتغير درجة الحرارة لأمكننا أن نقيس درجة الحرارة بالعدد الذي يقيس هذه الصفة المتغيرة ومن هنا فإن تكوين الترمومتر يتحدد باختيار :

١/ مادة ترمومترية معينة .

٢/ صفة ترمومترية خاصة بهذه المادة تتغير دائماً بانتظام بتغير درجة الحرارة .

فمثلاً: يمكن أن تكون المادة الترمومترية سائلاً يتحرك في أنبوبة شعرية ، أما الصفة الترمومترية فتكون حجم السائل الذي يتغير بتغير درجة الحرارة ، وهذا هو الترمومتر السائل .

ويمكن أن تكون المادة الترمومترية كمية من غاز يحتويها إناء ثابت الحجم أما الصفة الترمومترية فتكون مقدار ضغط هذا الغاز الذي يتغير بتغير درجة الحرارة ، وهذه هو الترمومتر الغازي .

كما يمكن أن تكون المادة الترمومترية معدنين مختلفين متصلين عند نقطة ، بحيث يشكلان جزءاً من دائرة كهربية فتكون الصفة الترمومترية هي مقدار تغير القوة المحركة الكهربائية في الدائرة بتغير درجة حرارة نقطة الاتصال ، وهذا هو الترمومتر الصلب . ولكن كيف تدل الترمومترات المختلفة على نفس درجة الحرارة عندما توضع في وسط واحد ؟ .

٣/ التدريجات الحرارية : Temperature Scales

لكي تدل الترمومترات المختلفة على درجة حرارة واحدة عندما توضع في وسط واحد اتفق على اختيار أجسام تكون درجة حرارتها

دائماً ثابتة (إذا كانت في ظروف واحدة) لتكون نقاط مقارنة لدرجات الحرارة المختلفة ، ومن هذه الأجسام :

- الجليد الذي ينصهر تحت الضغط الجوي العياري (٧٦ سم زئبق) .
- الماء الذي يغلي تحت الضغط الجوي العياري .

ثم يدرج الترمومتر بين هاتين الدرجتين المختارتين إلى عدد من الأقسام المناسبة وبذلك نحصل على ما يسمى بالتدرج الحراري ومن التدريجات الحرارية :

أ) التدريج المئوي أو السليزيوسي: **Celsius Scale**

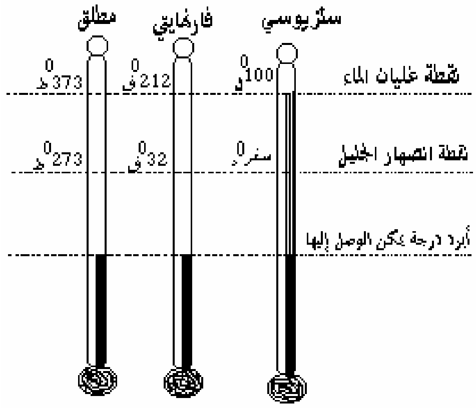
وفيه تعتبر درجة انصهار الجليد صفراً ودرجة غليان الماء ١٠٠ درجة (تحت الضغط الجوي العياري) ثم تقسم المسافة بينهما إلى ١٠٠ قسم يسمى كل منها درجة سلزيوسية ويرمز لها بالرمز (د) وهذا التدريج هو التدريج الدولي .

ب) التدريج الفارنهايتي : **Fahrenheit Scale**

وفيه تعتبر درجة انصهار الجليد ٣٢ درجة ، ودرجة غليان الماء ٢١٢ درجة ، وتقسم المسافة بينهما إلى ١٨٠ قسماً يدل كل منها على درجة فارنهايتية ويرمز لها بالرمز (ف) .

ج) التدريج المطلق أو مقياس كلفن : **Absolute Scale**

إن أقل درجة حرارة يمكن الوصول إليها من الناحيتين العملية والنظرية هي ـــــ ٢٧٣ °د



شكل (٢٥)

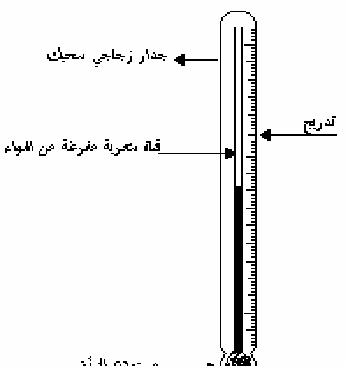
تقريباً ولقد اعتبر اللورد كلفن هذه الدرجة صفراً لمقياسه ، ولهذا تكون نقطة انصهار الجليد عليه ٢٧٣ ْ ط ونقطة غليان الماء ٣٧٣ ْط فتكون درجات الحرارة بين النقطتين الثابتتين هي :

(٣٧٣ - ٢٧٣) = ١٠٠ ْ وبذلك يتساوى مع التدريج السيليزيوسي ، وإذا رمزنا لعدد الدرجات المطلقة بالرمز (ط) ولعدد الدرجات السيليزيوسية بالرمز (د) فإن :

ط = د + ٢٧٣ والشكل (٢٥) يوضح العلاقة التي تربط التدريجات الثلاثة السابقة .

والآن بعد أن عرفنا التدريجات الحرارية ، ما هي الترمومترات التي تعرفها ؟ هل يمكنك أن تقسمها إلى مجموعات ؟

٤/ أنواع الترمومترات :



شكل (٢٦)

أ) الترمومترات السائلة :

تكون مادتها الترمومترية سائلة كالزئبق أو الكحول وتعين لنا التغير في درجة الحرارة (Δد) بمقدار التغير في حجم السائل (Δح) حيث Δح $\propto$ (Δد) . . ومن أشهر وأهم الترمومترات السائلة الترمومتر الزئبقي ويتركب كما في الشكل (٢٦) من مستودع زجاجي رقيق الجدران يتصل به قناة شعرية مدرجة مفرغة من الهواء ويملأ المستودع وجزء من القناة الشعرية بالزئبق الذي يعتبر أكثر السوائل شيوعاً في عمل الترمومترات (لماذا ؟) .

وتستخدم طريقة التسخين والتبريد المتعاقبين لملء المستودع وجزء من القناة بالزئبق ، وكلما كانت قناة الترمومتر ضيقة ومستودعه أكبر كلما كان أكثر حساسية لقياس درجة الحرارة (لماذا ؟) .

كما يراعى عند صناعته أن يكون جدار المستودع رقيقاً وجدار الأنبوبة الشعرية سميكا ، وتحدد على ساق الترمومتر النقطتان الثابتتان (نقطة انصهار الجليد ونقطة غليان الماء) وبعدها يدرج بأحد التدريجات السابقة .

هل يستطيع هذا الترمومتر قياس درجة غليان الزئبق وهى (٣٥٩°م) ؟ . هذا غير ممكن لأنه حتى قبل هذه الدرجة بكثير يكون قسم من الزئبق قد تبخر فتنقص كميته ويمتلىء الفراغ في الأنبوبة الشعرية ببخار الزئبق الذي يضغط على سطح الزئبق في القناة ويمنع انتظام تمدده ، كما أن عمود الزئبق في الأنبوبة الشعرية يتقطع إلى أجزاء ، فهو من الناحية العملية لا يستطيع أن يقيس أكثر من ٣٢٥°م .

هل يمكن استخدام الترمومتر الزئبقي في تعيين درجة حرارة منخفضة (-١٠٠°م مثلاً) أنت تعلم أن الزئبق يتجمد في (-٣٩°م) إذا فهو لا يستطيع تعيين درجة منخفضة أقل من ذلك ، فكيف يمكن تعيين درجات الحرارة المنخفضة كثيرا ؟ إذا علمت أن درجة تجمد الكحول هي :

(-١٣٠°م) . فهل يصلح الترمومتر الكحولي لهذا الغرض ؟ ولماذا ؟ وإذا علمت أن درجة غليان الكحول هي (٧٨°م) فهل يمكن لترمومتر كحولي أن يعين درجة غليان الماء ؟ ولماذا ؟

ب) الترمومترات الغازية :

عزيزي الدارس هل يمكنك ذكر أهم عيوب الترمومترات السائلة ؟

من أبرز عيوب الترمومترات السائلة أنها لا تتفق في قراءة درجة حرارة سائل واحد إذا وضعا فيه خاصة إذا احتويا على سائلين مختلفين

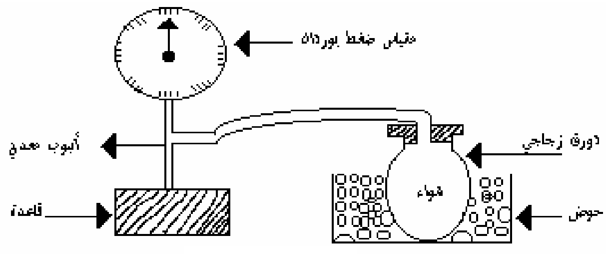
ولكنها تتفق في قراءة درجة انصهار الجليد ودرجة غليان الماء وذلك بسبب اختلاف تمدد السائلين في درجات الحرارة المختلفة ومن هنا كانت الحاجة ماسة في القياسات الحرارية العملية الدقيقة إلى صنع ترمومترات تكون دلالتها واحدة لمن يستعملها في أي مكان وهذا ما أمكن توفيره بواسطة الترمومتر الغازي .

والآن كيف يمكنك بناء ترمومتر غازي بسيط .

تجربة :

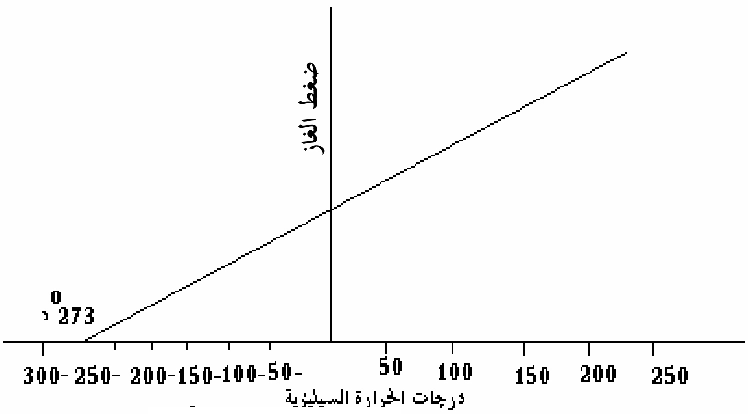
يمكن بناء ترمومتر غازي بسيط باستخدام مقياس ضغط بوردان (Burdan Pressure Guage) كما يلي :

- صل دورقاً زجاجياً (سعة ١٠٠ سم٣ مثلاً) إلى مقياس ضغط بوردان بواسطة أنبوبة من المطاط كما في الشكل (٢٧) ، ثم سجل ضغط الهواء الذي في الدورق عند غمره في كل من ماء يغلي (١٠٠ م) مخلوط من الماء والثلج (صفر م) ، ومخلوط من الثلج الجاف والكحول الميثيلي (-٧٢ م) .



شكل (٢٧)

q أعمل رسماً بيانياً يوضح تغير ضغط الغاز بتغير درجة حرارته (حجم الغاز ثابت) .
في أي درجة حرارة يكون ضغط الغاز صفراً ؟ استنتج ذلك من الخط البياني .



شكل (٢٨)

وإذا استخدمنا هذا الجهاز لإيجاد حرارة ماء دافئ مثلاً ثم قارنا درجة الحرارة التي حصلنا عليها (بالاستعانة بالخط البياني) مع درجة حرارة الماء المأخوذة بترمومتر زئبقي فإننا نجدهما متساويتين وبالتالي فإن هذا الجهاز يصلح لقياس درجة الحرارة ، ومن الخط البياني نلاحظ أن درجة الحرارة التي يتلاشي عندها ضغط الغاز هى (-٢٧٣ م) ، وتسمى هذه الدرجة الصفر المطلق :

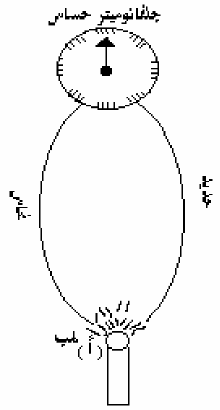
Absolute Zero أي الصفر المطلق هو درجة الغاز عندما يتلاشى ضغطه أي يصبح ضغطه صفراً وهى درجة نظرية .

ج) الترمومترات الصلبة :

بالرغم من أن الترمومتر الغازي يقيس درجات الحرارة بدقة كبيرة ، وأنه المرجع المستخدم لتدريج الترمومترات الأخرى ، إلا أنه ليس من السهل حمله ونقله ، ويتطلب مجهوداً فى إعداده للعمل وحساب درجة الحرارة ومن هنا كانت الحاجة لصنع ترمومتر يسهل حمله ونقله

وإعداده للعمل وأن يكون مداه الحراري مناسباً بحيث يتمكن من قياس درجات حرارة منخفضة جداً ومرتفعة جداً وهذا ما أمكن توفيره بالترمومترات الصلبة ومنها الترمومترات الكهربائية مثل ترمومتر الازدواج الحراري .

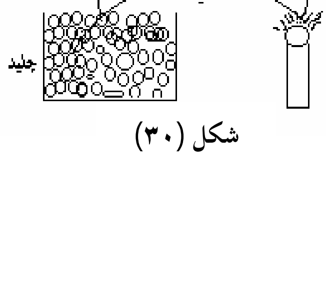
ترمومتر الازدواج الحراري: Thermocouple Thermometer



شكل (٢٩)

تجربة :

- خذ سلكين أحدهما من النحاس والآخر من الحديد ملحومين عند أحد طرفيهما كما فى الشكل (٢٩) ثـم صل طرفيهما الآخرين بجلفانوميتر حساس .
- سخن نقطة اتصال المعدنين (أ) إلى درجة معينة بلهب ولاحظ الجلفانوميتر ، ثـم ارفع حرارة نقطة الاتصال بزيادة التسخين ولاحظ مؤشر الجلفانوميتر . ماذا تستنتج ؟ .
- أعمل نقطتي اتصال بين الحديد والنحاس كما في الشكل (٣٠) ثـم سخن إحدى نقطتي الاتصال بلهب ولاحظ قراءة مؤشر الجلفانوميتر ثـم برد نقطة الاتصال الثانية وذلك بوضعها في كأس به جليد مجروش ولاحظ قراءة الجلفانوميتر . ماذا تستنتج ؟



شكل (٣٠)

من التجربة السابقة يظهر لنا أنه إذا أخذنا سلكين من معدنين مختلفين ووصلنا هما عند طرفيهما بحيث تشكل دائرة كهربية مغلقة ، وأدخلنا فى الدائرة جهاز جلفانوميتر حساس أو ميللي أميتر ، ثـم رفعنا درجة حرارة

إحدى نقطتي الاتصال ، فإن تياراً كهربائياً يتولد في الدائرة ، تتوقف شدته على الفرق بين درجتي حرارة نقطتي الاتصال .

هل يمكن استخدام هذه الظاهرة لعمل ترمومتر لقياس درجة الحرارة ؟ .

لاحظ أنه يمكن تدريج الجلفانوميتر ليدل على درجات الحرارة مباشرة وذلك بوضع نقطة الاتصال (أ) في ماء يغلي ونقطة الاتصال (ب) في جليد آخذ في الانصهار وملاحظة مؤشر الجلفانوميتر لتحديد درجة (١٠٠ْم) ، ثم توضع نقطة الاتصال (أ) في جليد آخذ في الانصهار لتحديد درجة (صفرْم) وبهذا نجعل هذا الجهاز البسيط ترمومتراً يسمى (ترمومتر المزدوجة الحرارية) . وفي العادة تدرج هذه الترمومترات بمقارنتها بالترمومتر الغازي ، ويصلح ترمومتر المزدوجة الحرارية لقياس درجات حرارة تتراوح بين (-٢٠٠ْم) و (١٦٠٠ْم) .

٥/ العلاقة بين كمية الحرارة ودرجة الحرارة :

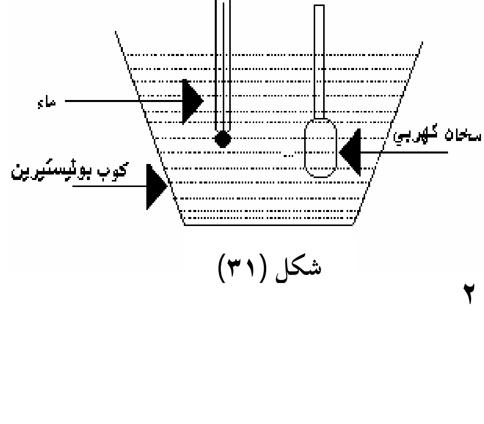
ما العلاقة بين كمية الحرارة ودرجة الحرارة ؟

دعنا نجري بعض التجارب لاكتشاف التناسب بين كمية الحرارة وبين التغير في درجة حرارة مادة سخنة والتغير في كتلة المادة المسخنة .

نستخدم سخان كهربي غاطس يعمل بتيار ٦ أو ١٢ أمبير ويمكن غمره في كوب مصنوع من البوليسترين وهو عازل ممتاز للحرارة ، ويولد السخان حرارة بمعدل ثابت ، أي أنه يعطي في دقيقة واحدة كمية من الحرارة تعادل نصف ما يعطيه في دقيقتين .

التجربة الأولى :

- ضع كمية من الماء (١٥٠جم مثلاً) في كوب من البوليسترين) وأغمر السخان الكهربائي في الماء الشكل (٣١) ثم اقرأ درجة حرارة الماء بواسطة ترمومتر لأقرب رقم عشري ثم شغل السخان لمدة ٣٠ ثانية مثلاً بالاستعانة بساعة إيقاف مع تحريك الماء بالسخان واقرأ أعلى درجة حرارة



شكل (٣١)

يسجلها الترمومتر ثم احسب الارتفاع في درجة حرارة الماء (Δد) .

q شغل السخان لمدة ٣٠ ثانية أخرى ثم احسب الارتفاع فى درجة حرارة الماء عن الدرجة الأصلية ، كرر العمل عدة مرات وسجل النتائج فى جدول .

q إذا رسمنا خطاً بيانياً يوضح العلاقة بين الارتفاع فى درجة حرارة الماء وكمية الحرارة المتولدة فى كل ٣٠ ثانية نلاحظ أننا نحصل على خط مستقيم ، أي أن هناك تناسباً طردياً بين كمية الحرارة (ح) المعطاة إلى كمية معينة من الماء ، والتغير الحادث فى درجة حرارته (Δد) .

أي أن : ح ∝ Δد ــ (١)

حيث أن :

Δد = التغير فى درجة الحرارة (درجة حرارة الماء النهائية – درجة حرارة الماء الابتدائية)

أي (د ٢ – د ١)

التجربة الثانية :

q ضع فى الكوب ١٠٠ جم من الماء البارد ثم شغّل السخان الكهربي وانتظر حتى ترتفع درجة حرارة الماء ٥ْم مثلاً وأحسب الزمن اللازم لذلك (Δن) باستخدام ساعة إيقاف .

q أعد التجربة باستخدام ٢٠٠ جم من الماء وأحسب الزمن اللازم لرفع درجة حرارته ٥ْم أيضاً . وإذا كررنا التجربة باستعمال ٣٠٠ جم ، ٤٠٠ جم من الماء وسجلنا النتائج فى جدول فلاحظ أن هناك تناسباً طردياً بين كمية الحرارة (ح) اللازمة لرفع درجة حرارة الماء بمقدار معين من الدرجات وبين كتلة الماء (ك) .

أي أن : ح ∝ ك ــــــ (٢)

من العلاقتين (١) ، (٢) نستنتج أن = ح ∝ ك × Δد

أي أن ح = مقدار ثابت × ك × Δد ـــ (٣)

٧/ وحدة كمية الحرارة :

لقد اتفق على اعتبار كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة جرام واحد من الماء درجة سيليزيوسية واحدة (من ١٤,٥ - ١٥,٥°د) وحدة لكمية الحرارة وتسمى سعراً .

∴ السُعر هو كمية الحرارة اللازمة لرفع أو خفض درجة حرارة جرام واحد من الماء درجة سيليزيوسية واحدة وبذلك تكون :

كميــة الحــرارة (ح) اللازمــة لرفــع درجــة حــرارة ١جــم مــن المــاء درجــة سيليزيوسية واحدة = ١ سعر .

كميــة الحــرارة (ح) اللازمــة لرفــع درجــة حــرارة ك جــم مــن المــاء درجــة سيليزيوسية واحدة = ك سعر .

كميــة الحــرارة (ح) اللازمــة لرفع درجــة حــرارة ك جــم مــن المــاء Δد درجــة سيليزيوسية = ك×Δد سعر

أي أن:	ح / سعر	=	ك / (جم)	×	Δد / (درجة سيليزيوسية)

نلاحظ من هذه المعادلة أن قيمة المقدار الثابت فى المعادلة (٣) تساوي الواحد الصحيح فى حالة الماء .

ملاحظــة = هنــاك وحــدة أخــرى تــشتق مــن هــذه الوحــدة وهــى الكيلــو ســعر والــذي يساوي ١٠٠٠ سعر

٨/ السعة الحرارية :Thermal Capacity

تجربة :

- خذ كميات متساوية من الحديد والرصاص والماء فى درجة غليان الماء وأسقطها فى ثلاث كؤوس تحوي كميات متساوية من الماء فى درجة حرارة الغرفة ، قلب محتويات كل كأس جيداً وسجل درجة حرارة كل كأس بعد التقليب . ستجد أن درجة حرارة الكأس الذي أسقط فيه الماء الساخن قد ارتفعت ارتفاعاً كبيراً بالنسبة للكأسين الآخرين.

من هذه التجربة نستنتج أن الماء عند تسخينه استوعب كمية حرارة أكثر من المادتين الأخريين بالرغم من أن المواد الثلاث سخنت لدرجة حرارة واحدة أي أن كمية الحرارة التي يكتسبها الماء أكبر من كمية الحرارة التي تكسبها كميات متساوية من الحديد والرصاص .

وعليه يمكن تعريف السعة الحرارية لجسم ما بأنها : كمية الحرارة اللازمة لتغيير درجة حرارة الجسم ١°م .

ما هى العوامل التي تتحكم فى مقدار السعة الحرارية لجسم ما ؟

العوامل هى :

١/ كتلة الجسم (ك) .

٢/ نوعية الجسم (الحرارة النوعية) .

ووحدات قياس السعة الحرارية هى سعر/درجة مئوية أو جول/درجة مئوية .

وبمقارنة تعريفي السعر والسعة الحرارية يمكن استنتاج أن السعة الحرارية لواحد جرام من الماء تساوي واحد سعر/درجة مئوية أو ٤,١٨ جول/درجة مئوية . أما السعة الحرارية للجرام الواحد من المادة تعرف بالحرارة النوعية .

٦/ الحرارة النوعية :

الحرارة النوعية لمادة هى : كمية الحرارة اللازمة لتغيير درجة حرارة واحد جرام من المادة ١°م أما الوحدات التي تقاس بها الحرارة النوعية هى :

جول / جم . درجة مئوية

سعر / جم . درجة مئوية

ومن التعريف السابق للحرارة النوعية يمكن استنتاج الآتي :

١ جم من الماء لترتفع درجة حرارته ١°م تلزمه كمية حرارة قدرها (ن) سعر فرضاً .

١ جم من الماء لترتفع درجة حرارته ٢°م تلزمه كمية حرارة قدرها (٢ن) سعر .

٢ جم من الماء لترتفع درجة حرارته ٢°م تلزمه كمية حرارة قدرها (٤ن) سعر .

ك جم من الماء لترتفع درجة حرارته د° تلزمه كمية حرارة قدرها (ك × د × ن) سعر .

ومن ذلك نصل إلى القانون العام لإيجاد أي كمية حرارة يفقدها أو يكسبها الجسم وهو :

كمية الحرارة = كتلة الجسم × الفرق في درجات الحرارة × حرارته النوعية .

إذاً الحرارة النوعية تعتبر من العوامل الهامة في عمليات تقدير كميات الحرارة .

ولتعين الحرارة النوعية للمواد المختلفة هنالك عدة طرق أهمها طريقة الخلط Method of Mixture.

أ) تعيين الحرارة النوعية لجسم صلب بطريقة الخلط :

تتلخص هذه الطريقة في تسخين جسم إلى درجة حرارة معينة وإسقاطه في كمية معلومة من الماء وبمعلومية درجة حرارة الماء الابتدائية والنهائية ودرجة حرارة الجسم وكتلته باستخدام القانون :

الحرارة المكتسبة = الحرارة المفقودة

يمكن تعيين الحرارة النوعية لمادة هذا الجسم :

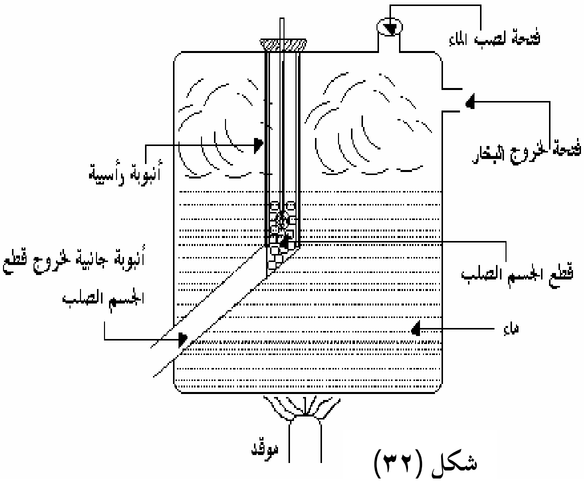
خطوات التجربة :

١/ زن المسعر فارغاً .

٢/ضع فيه كمية من الماء وأعد وزنه .

٣/ عيّن درجة حرارة الماء الابتدائية .

٤/ سخن الجسم المراد تعيين حرارته النوعية (كرات الرصاص) بواسطة الجهاز



شكل (٣٢)

(هبسوميتر) الموضح في الشكل (٣٢) لدرجة حرارة معلومة .

٥/ أسقط الجسم بسرعة فى المسعر وقلب محتويات المسعر جيداً وسجل درجة حرارة الخليط النهائية .

٦/ زن المسعر ومحتوياته مرة أخرى وبذلك يمكننا تعيين الحرارة النوعية لمادة هذا الجسم .

مثال (١) :

فى تجربة مماثلة أخذت القراءات التالية :

المطلوب : حساب الحرارة النوعية (لخراطة النحاس)

كتلة المسعر وما به من ماء = ١٠٠ جم

كتلة المسعر = ٤٠ جم

درجة حرارة المسعر والماء الابتدائية = ٢٥°م

درجة حرارة الخليط = ٢٨°م

درجة حرارة خراطة النحاس قبل إسقاطها = ٩٨°م

الانخفاض فى درجة حرارة الجسم = ٩٨ - ٢٨ = ٧٠°م

الارتفاع فى درجة حرارة المسعر والماء = ٢٨ - ٢٥ = ٣°

كتلة المسعر والماء والجسم = ٢٥٠ جم

∴ كتلة الجسم (خراطة النحاس) = ١٥٠ جم

الحرارة النوعية لمادة المسعر = ٠,١ سعر / جم درجة مئوية

كمية الحرارة المفقودة بواسطة الجسم = ١٥٠ × ن × ٧٠ = ١٠٥٠٠ ن سعر

كمية الحرارة المكتسبة بواسطة المسعر والماء

= (٤٠ × ٠,١ × ٣) + (٦٠ × ١ × ٣) = ١٩٢ سعر

∴ ١٠٥٠٠ ن = ١٩٢

∴ ن = $\frac{١٩٢}{١٠٥٠٠}$ = ٠,٠١٨ سعر / جم درجة مئوية

مثال (٢) :

١٠٠ جم من الماء فى درجة الغليان أسقطت فى إناء كتلته ٨٠٠ جم فى درجة حرارة ٢٠°م إذا كانت درجة حرارة الخليط ٥٠°م ، أحسب الحرارة النوعية لمعدن الإناء .

الحل :

الحرارة المفقودة بواسطة الماء = ١٠٠ × ١ × ٥٠ = ٥٠٠٠ سعر
الحرارة المكتسبة بواسطة الإناء = ٨٠٠ × ن × ٣٠ = ٢٤٠٠٠ ن سعر

$\therefore$ ن = $\frac{٥٠٠٠}{٢٤٠٠٠}$ = ٠,٢

$\therefore$ الحرارة النوعية لمعدن هذا الإناء = ٠,٢ سعر / جم درجة مئوية .

ما هى مصادر الخطأ فى هذه التجربة وكيف نتلافاها ؟

فى مثل هذه التجربة يجب مراعاة ما يلي :

١/ اختيار مادة الجسم بحيث لا تتفاعل مع السائل .
٢/ اختيار المسعر من مادة لا تتفاعل مع السائل .
٣/ عدم قياس درجة حرارة الجسم إلا بعد التأكد من ثبوت درجة حرارته .
٤/ أن يتم نقل الجسم الساخن إلى المسعر بسرعة .

٩/ المكافئ المائي : Water Equivalent

يستخدم هذا المفهوم العلمي لتسهيل العمليات الحسابية فى إيجاد كميات حرارية معينة لمسعر ومحتوياته ولتوضيح ذلك :

٥٠ جم من الماء تلزمها كمية حرارة مقدارها ٥٠ سعر لرفع درجة حرارتها ١°م .

٥٠٠ جم من النحاس (ن للنحاس ٠,١) تلزمها (٥٠٠ × ٠,١) أيضاً ٥٠ سعراً لرفع درجة حرارتها ١°م .

من ذلك يتضح أن المسعر الذي كتلته ٥٠٠ جم من النحاس يكتسب ما تكتسبه ٥٠ جم من الماء لترتفع درجة حرارته واحد درجة مئوية أي أن المسعر يتكافأ حرارياً مع ٥٠ جم من الماء .

وبذا يعرف المكافئ المائي لجسم ما بأنه هو كتلة الماء الذي تكون سعته الحرارية مساوية للسعة الحرارية للجسم ، ويكون عادة بالجرامات .

فإذا كانت كتلة الجسم (ك) جم وحرارته النوعية (ن) فإن المكافئ المائي لهذا الجسم = (ك × ن) جم

مثال :

ألقيت قطعة معدنية كتلتها ١٠٠ جـم ودرجة حرارتها ١٠٠°م في مسعر به ١٤٠ جـم من الماء في درجة ١٦°م فكانت درجة حرارة الخليط ٢٦°م ، إذا كان المكافئ المائي للمسعر ٨ جرامات . أوجد الحرارة النوعية للمعدن .

الحل :

طالما إننا أعطينا المكافئ المائي المسعر فلا حاجة لنا بكتلة المسعر وحرارته النوعية .

أفرض أن الحرارة النوعية لمعدن القطعة = ن .

∴ الحرارة المفقودة بواسطة قطعة المعدن = ١٠٠×ن × ٧٤ = ٧٤٠٠ ن سعر

الحرارة المكتسبة بواسطة المسعر والماء = (٨ + ١٤٠) ×١ × ١٠=١٤٨٠ سعر

الحرارة المفقودة = الحرارة المكتسبة

٧٤ × ١٠٠ × ن = ١٤٨٠

ن = $\frac{١٤٨٠}{٧٤٠٠}$ = ٠,٢

∴ الحرارة النوعية للمعدن = ٠,٢ سعر/جـم . درجة مئوية .

أسئلة ومسائل :

١/ علل لما يأتي :

أ/ لا يصلح الترمومتر الكحولي لقياس درجة غليان الماء .

ب/ ارتفاع درجة حرارة الأرض نهاراً أكبر من ارتفاع درجة حرارة ماء البحر .

ج/ عند قياس درجة حرارة سائل ما بالترمومتر الزئبقي ننتظر قليلاً قبل قراءة الترمومتر .

٢/ ما الفرق بين السعة الحرارية والحرارة النوعية لجسم ما ؟ أيتهما تأخذ قيمة ثابتة وأيتهما تأخذ قيمة متغيرة ؟

٣/ أحسب كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة ٥٠٠ جم من الحديد من درجة ١٥°م إلى درجة ٤٥°م ، ما قيمة السعة الحرارية لهذه الكتلة من الحديد إذا علمت أن الحرارة النوعية للحديد = ٠,١١ سعر / جم ١°م .

٤/ وضع ترمومتر مئوي وآخر فهرنهايتي جنباً إلى جنب في وسط أريد معرفة درجة حرارته فكانت القراءة على المئوي ٣٥ درجة ، كم كانت القراءة على الفهرنهايتي ؟ وإذا كانت القراءة على الفهرنهايتي (-٤٠°) ، كم كانت القراءة على المئوي ؟

٥/ وضع ترمومتر مئوي وآخر فهرنهايتي في سائل فكانت قراءتاهما متساويتين ، كم كانت درجة الحرارة حينئذ ؟

٦/ قطعة من النحاس كتلتها ١٠٠جم سخنت في ماء يغلي ثم أسقطت في مسعر نحاس كتلته ٨٠ جم ويحتوي على ٩٠ جم من زيت التربنتينا في درجة ١٠°م ، فإذا أصبحت درج درجة حرارة ٣٦°م ، أحسب الحرارة النوعية لزيت التربنتينا علماً بأن الحرارة النوعية للنحاس ٠,١ سعر / جم × ١°م .

٧/ وضعت ١٠٠جم من الماء في ثلاجة ، فإذا كان معدل الانخفاض في درجة حرارة الماء في بداية التجمد = ٢°م / دقيقة ، ومعدل الانخفاض في درجة حرارة الماء عند نهاية التجمد = ٤,٤°م / دقيقة أحسب الحرارة الكامنة لانصهار الجليد إذا علمت أن الحرارية النوعية للجليد = ٠,٥ كيلو سعر / جم / ١°م وأن فترة التجمد استغرقت ٣٨ دقيقة .

٨/ أحسب كمية الحرارة المنطلقة في كل كيلو جرام من بخار الماء في درجة ١٠٠°م عند تحويله إلى ثلج في درجة الصفر المئوي . علماً بأن الحرارة الكامنة للتصعيد = ٤٠° كيلو سعر / كجم .

والحرارة الكامنة للانصهار الجليد = ٨٠ كيلو سعر / كجم .

٩/ أحسب كمية الحرارة اللازمة لتحويل ٥ جم من الجليد درجة حرارته -١٠°م إلى بخار ماء درجة حرارته ١٠٠°م ، اعتبر الحرارة النوعية للجليد = ٠,٥ كيلو سعر / كجم × ١°م

والحرارة الكامنة لانصهار الجليد = ٨٠ كيلو سعر / كجم ، والحرارة الكامنة لتصعيد الماء = ٣٧° كيلو سعر / كجم .

١٠/ أمرت كمية من بخار ماء الجاف الذي درجة حرارته ١٠٠° م فى ٩٣,٤ جراماً فى الماء موجودة فى مسعر معدني سعته الحرارية ٥ سعرات ودرجته ٢٠° م ،فإذا ارتفعت درجة حرارة المسعر وما يحتويه من ماء إلى ٢٥° م ، أحسب كتلة البخار الذي تكثف فى الماء بفرض أن الحرارة الكامنة لتصعيد الماء فى الدرجة ١٠٠° م تساوي ٤٠° كيلو سعر / كيلوجرام .

تغير الحالة Change in State

١/ تمهيد :

أنت تعلم أن المواد توجد في إحدى ثلاث حالات ، جامدة أو مائعة أو بلازمية ، وأن الموائع إما أن تكون سائلة أو غازية وأن المادة إذا اكتسبت مقداراً من الطاقة الحرارية أدى ذلك إلى زيادة في طاقة حركة جزيئاتها وابتعاد هذه الجزيئات عن بعضها البعض مما يسبب تمدد المادة ورفع درجة حرارتها ولكن الطاقة الحرارية التي تكسبها المادة أو تفقدها قد تعمل على تغيرها من حالة إلى أخرى ، فالثلج يمكن أن يتحول إلى ماء (ينصهر) والماء إلى بخار (يتبخر أو يتصاعد) وذلك باكتساب مقدار مناسب من الطاقة الحرارية ، كما أن بخار الماء يمكن أن يتحول إلى ماء (يتكثف) والماء إلى ثلج (يتجمد) وذلك بفقد كمية مناسبة من الطاقة الحرارية، وهناك مواد كاليود والزرنيخ والكافور والأمونيا يمكن أن تتحول بالحرارة من الحالة الجامدة إلى الحالة الغازية (تتسامى) دون أن تمر بالحالة السائلة .

٢) درجة الانصهار والحرارة الكامنة للانصهار :

إذا وضعت كمية من الجليد المجروش الآخذ في الانصهار في كأس ، ثم وضعت الكأس في حوض به ماء دافئ وغمرت مستودع ترمومتر في الجليد فإنك ستلاحظ أن درجة حرارة الجليد وكذلك درجة حرارة الماء الناتج عن انصهاره هي صفر°م ، مع استمرار انصهار الجليد باكتساب كميات من الحرارة من الماء الدافئ ، تلاحظ ثبات قراءة الترمومتر عند درجة الصفر المئوي إلى أن يتم انصهار الجليد بكامله ثم تبدأ قراءة الترمومتر في الارتفاع .

إن درجة الحرارة التي يبدأ عندها الجسم الجامد في الانصهار بحيث تكون درجة حرارته متساوية لدرجة حرارة السائل الناتج عن انصهاره تسمى (درجة أو نقطة الانصهار) ، إذن بالرغم من أن هناك كمية من الطاقة الحرارية يكتسبها الجليد خلال انصهاره فإنها لم تسبب ارتفاعاً في درجة حرارته فأين تذهب هذه الكمية من الطاقة الحرارية ؟ .

إن جزيئات الماء في بلورة الثلج تكون مرتبطة مع بعضها بشكل يجعلها أكثر اقتراباً مما هي عليه في حالتها السائلة ، ولكنها تكون مرتبة على شكل هندسي يترك فجوات داخله ، ولإبعاد جزيئات بلورة الثلج عن بعضها وصهرها يجب بذل شغل عليها ، وهذا الشغل يتحول إلى طاقة

وضع تكمن فى الجزيئات مما يسبب زيادة الطاقة الكامنة لها أي أن الطاقة الحرارية التي يكتسبها الثلج خلال فترة انصهاره تتحول إلى طاقة كامنة للجزيئات ولهذا لا يحدث تغيير فى قراءة الترمومتر خلال هذه الفترة .

وقد وجد أن كل جرام من الجليد يحتاج إلى ٨٠ سعراً من الطاقة الحرارية (٣٣٤,٤) جول حتى يتحول من جليد فى درجة الصفر إلى ماء فى الدرجة نفسها ، أي أن هذه الكمية من الطاقة الحرارية تمثل مقدار الشغل اللازم لإبعاد جزيئات جرام من الثلج عن بعضها حتى يتم الانصهار وتسمى (كمية الحرارة اللازمة لتحويل وحدة الكتل من المادة من الحالة الجامدة إلى الحالة السائلة - بدون تغيير فى درجة حرارتها - الحرارة الكامنة لانصهار هذه المادة) ، ونرمز لها بالرمز (حص) .

وعندما يتجمد الماء تتحول الطاقة الكامنة فى الجزيئات إلى طاقة حرارية ، فينطلق من كل جرام من الماء فى درجة الصفر ٨٠ سعراً من الطاقة الحرارية عندما يتجمد إلى ثلج فى الدرجة نفسها ، أي أن مقدار الطاقة الحرارية التي يكتسبها الجسم عند انصهاره تساوي مقدار الطاقة الحرارية التي يطلقها أو يفقدها عند التجمد ، وعلى هذا الأساس يعلل ارتفاع درجة حرارة الجو عند هطول الثلج وانخفاضها عند انصهاره .

ويمكن تقسيم المواد من حيث انصهارها إلى قسمين :

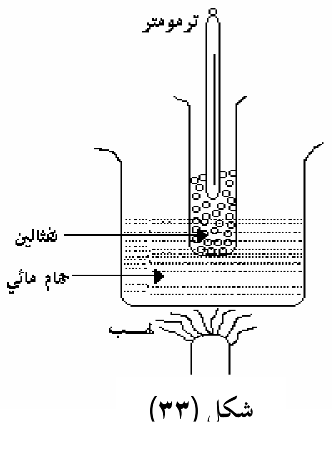
أولاً : مواد يكون انصهارها فجائياً عند درجة حرارة معينة تسمى درجة الانصهار أو التجمد وجميع هذه المواد متبلرة مثل الثلج والنفثالين .

ثانياً : مواد يكون انصهارها تدريجياً وتمر فيها المادة فى حالة بين الصلابة والسيولة مثل الزجاج والبلاستيك والكبريت غير المتبلر والمطاط .

٣/ تعيين درجة انصهار المادة من فتحتي التبريد : (درجة الحرارة - الزمن) :

تجربة:

- ضع كمية من النفثالين (أو شمع البرافين) فى أنبوبة اختبار وثبتها رأسياً على حامل ثم سخنها بوساطة لهب هادئ أو ضعها فى حمام مائي يسخن بالتدريج حتى ينصهر

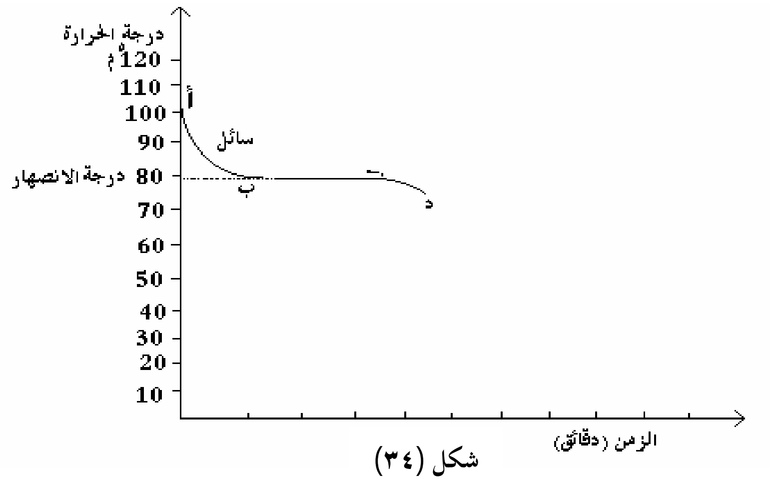


شكل (٣٣)

النفثالين ثم أغمر مستودع ترمومتر في سائل النفثالين كما في الشكل (٣٣) .

- استمر في التسخين حتى ترتفع درجة حرارة النفثالين فوق درجة انصهاره بمقدار مناسب ، ثم ارفع اللهب واترك الأنبوبة لتبرد وسجل خلال ذلك حرارة الترمومتر كل دقيقة باستخدام ساعة إيقاف . تلاحظ أن قراءة الترمومتر تبدأ في الانخفاض ثم تثبت فترة من الزمن عند درجة حرارة معينة (هي درجة انصهار النفثالين) ، وبعد ذلك تعود درجة الحرارة إلى الانخفاض .
- إذا رسمنا خطاً بيانياً يوضح تغير درجة الحرارة بالنسبة للزمن نحصل على خط بياني كالمبين في الشكل (٣٤) فتكون درجة انصهار النفثالين هي الدرجة المقابلة للجزء الأفقي من الخط البياني ، لاحظ أن الجزء (أ ب) من الخط البياني يمثل انخفاض درجة حرارة النفثالين مع الزمن وأن الجزء الأفقي (ب جـ) يمثل الزمن الذي يتم خلاله تجمد النفثالين دون أن تتغير درجة حرارته بالرغم من استمرار النفثالين في فقد كميات من الحرارة بالإشعاع خلال هذه الفترة .

وكمية الحرارة التي يفقدها كل جرام من النفثالين خلال هذه الفترة هي الحرارة الكامنة لانصهاره ، فكيف يمكن إيجادها من هذا المنحنى ؟



شكل (٣٤)

٤/ تعيين الحرارة الكامنة لانصهار الجليد :

تجربة :

١/ زن مسعراً فارغاً وضع فيه كمية من الماء ذات كتلة معلومة .

٢/ سخن الماء إلى ١٠ أو ١٥ درجة مئوية فوق درجة حرارة الغرفة .

٣/ سجل درجة حرارة الماء بعد عملية التسخين .

٤/ خذ قطعة صغيرة من الجليد وجففها بورق ترشيح وألقها فور تجفيفها في المسعر مع مراعاة عدم تاثر الماء خارج المسعر ، استمر في علمية إلقاء قطع الجليد مع تحريكها بواسطة الترمومتر حتى تصل درجة حرارة الخليط إلى ١٠°م أو ١٥°م تحت درجة حرارة الوسط المحيط ، وبمعلومية الحرارة النوعية لمعدن المسعر يمكن حساب الحرارة الكامنة لانصهار الجليد .

مثال:

في تجربة مشابهة سجلت القراءات أدناه :

جد الحرارة الكامنة لانصهار الجليد .

درجة حرارة الغرفة	= ٢٠°م
كتلة المسعر	= ٥١,٦ جم
كتلة المسعر والماء	= ١٥٢,٨ جم
∴ كتلة الماء	= ١٠١,٢ جم
كتلة المسعر والماء والجليد	= ١٨٣,٢ جم
كتلة الجليد	= ٣٠,٤ جم
درجة حرارة الماء الابتدائية	= ٣٣,١°م
درجة الحرارة النهائية	= ٨,٢°م

الحل :

الحرارة المكتسبة :

(أ) بواسطة الجليد في انصهاره = كتلة الجليد × الحرارة الكامنة لانصهار الجليد = ٣٠,٤ ل سعر .

(ب) بواسطة الجليد المنصهر إلى درجة ٨,٢°م = الكتلة × الحرارة × الارتفاع في درجة الحرارة = ٣٠,٤ × ١ × ٨,٢ = ٢٤٩ سعر .

الحرارة المفقودة :

(أ) بواسطة المسعر = ٥١,٦ × ٠,١ × ٢٤,٩ = ١٢٨ سعر .

(ب) بواسطة الماء = ١٠١,٢ × ١ × ٢٤,٩ = ٢٥٢٠ سعر .

الحرارة المكتسبة = الحرارة المفقودة .

٣٠,٤ ل +٢٤٩ = ١٢٨ + ٢٥٢٠

∴ ل = ٧٩ سعر / جم

∴ الحرارة الكامنة لانصهار الجليد تساوي ٧٩ سعر / جم

مصادر الخطأ في هذه التجربة وكيفية تلافيها :

١/ أن يكون المسعر المستخدم فى هذه التجربة من مادة جيدة التوصيل للحرارة .

٢/ يجب تجفيف الجليد جيداً .

٣/ تبدأ التجربة بجعل درجة حرارة المسعر والماء قبل إلقاء الجليد أعلى فى درجة حرارة الوسط المحيط بحوالي ١٠° أو ١٥°م على أن تكون درجة حرارة الخليط بعد إلقاء الجليد أقل من درجة الوسط المحيط بنفس المقدار حتى تتعادل كميتا الحرارة المكتسبة والمفقودة بالإشعاع .

٤/ يستحسن عدم استخدام محرك لتحريك الخليط ويمكن استعمال الترمومتر فى إذابة الجليد لأن المحرك يفقد كمية من الحرارة .

٥/ الحرارة الكامنة للتصعيد :

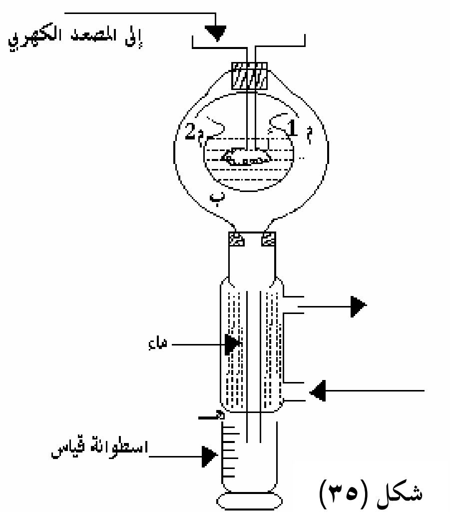
عرفنا مما تقدم أن المادة لكي تتحول من حالة الصلاة إلى حالة السيولة تلزمها حرارة تختلف باختلاف المواد ، كذلك المواد عندما تتحول من حالة السيولة إلى حالة البخارية تلزمها كمية حرارة معينة .

ويمكن ملاحظة ذلك عند مراقبة ماء يغلي ، وستجد أن درجة حرارة الماء لا ترتفع فوق درجة الغليان بالرغم من وجود المصدر الحراري . ويعزى ذلك إلى أن أي كمية حرارة يتعرض لها السائل بعد أن يصل درجة غليانه تذهب فى تحويل السائل من حالة السيولة إلى حالة البخارية . وتعرف هذه الحرارة بالحرارة الكامنة للتصعيد والتي تعرف بأنها :

هى كمية الحرارة اللازمة لتحويل ١ جـم من المادة من حالة السيولة إلى حالة الغازية دون أن يكون هنالك تغيير فى درجة الحرارة .

وبالتجارب وجد أن الكميات المتساوية من السوائل تلزمها كميات مختلفة من الحرارة لتحولها إلى البخارية ، فمثلاً ١ جـم من البنزين تلزمه كمية حرارة قدرها ٩٣ سعراً لتحوله من بنزين فى درجة ٨٠°م (درجة غليانه) إلى بخار بنزين فى نفس الدرجة ، كما أن ١ جـم من الزئبق تلزمه كمية حرارة قدرها ٦٨ سعراً لتحوله من زئبق فى درجة ٣٥٧°م (درجة غليانه) إلى بخار زئبق فى نفس درجة الحرارة .

٦/ تعيين الحرارة الكامنة للتصعيد بالطريقة الكهربية :



شكل (٣٥)

تجربة :

- يوضع السائل المراد تعيين الحرارة الكامنة لتصعيده فى التجويف (أ) فى الشكل (٣٥)
- يسخن السائل بواسطة ملف التسخين حتى يصل درجة غليانه ويخرج بخار السائل من الثقبين م١ ، م٢ إلى الغرفة (ب) وبعد فترة وجيزة حرارة الغرفة (ب) مساوية لدرجة حرارة (أ) وعليه ذهبت فى تحويل السائل إلى بخار .
- انتظر لفترة من الزمن حتى يبدأ بخار السائل بعد تكثيفه فى الخروج فى شكل نقط وبمعدل منتظم من الفوهة (هـ) .
- ضع تحت الفوهة أسطوانة قياس وابدأ فى تسجيل الزمن ثم قس كلاً من فرق الجهد والتيار الكهربي - بذلك يمكن جمع كمية من السائل فى الأسطوانة . وبمعلومية كتلة السائل الذي جمع فى الأسطوانة والزمن الذي استغرق لجمعه وفرق الجهد والتيار يمكن حساب الحرارة الكامنة لتصعيد هذا السائل على النحو التالي :

أفرض أن كتلة السائل الذي جمع في الأسطوانة = ك جـم .

الزمن اللازم لجمعه = ن ثانية .

فرق الجهد = جـ فولت .

شدة التيار = ت أمبير .

كمية الحرارة المتولدة كهربياً = كمية الحرارة المفقودة = (جـ ت ن) جول .

الحرارة المكتسبة = ك × ل (حيث ل هى الحرارة الكامنة لتصعيد السائل) .

∴ جـ ت ن = ك ل

$$ل = \frac{جـ ت ن}{ك} \text{ جول}$$

ويمكن تحويل الحرارة الكامنة لتصعيد هذا السائل بالسعر بالقسمة على ٤,١٨ .

تمديد الأجسام بالحرارة

١/ تمدد الأجسام الصلبة :

نشاط :

عزيزي الطالب عرفت فيما سبق أن الجسم إذا اكتسب مقداراً من الطاقة الحرارية ارتفعت درجة حرارته ، فهل للطاقة الحرارية التي يكتسبها الجسم تأثير فيزيائي آخر ؟ماذا يحدث لسلك مشدود إذا اكتسب مقدارا من الطاقة الحرارية ؟

يلاحظ الناس فى البلاد التي تمد فيها أسلاك الهاتف على أعمدة ، أن هذه الأسلاك تكون مرتخية أيام الصيف ومشدودة أيام الشتاء . ومن الطبيعي أن تكون قد لاحظت كيف يرتفع سطح الزئبق فى قناة الترمومتر عند وضعه فى ماء ساخن وكيف ينخفض عند رفعه من هذا الماء الساخن .

من هذه المشاهدات وغيرها يمكننا أن نستنتج أن الأجسام سواء أكانت صلبة ،سائلة أم غازية تتمدد عند التسخين وتنكمش عندما تبرد ، إذن تعمل الطاقة الحرارية التي يكتسبها الجسم على إحداث تمدد فيه بالإضافة لرفع درجة حرارته . ما السبب فى ذلك ؟

إن الطاقة الحرارية التي يستمدها الجسم تزيد من طاقة حركة جزئياته فترتفع درجة حرارته ، ونتيجة لذلك يتسع المدى الذي تتحرك فيه الجزئيات وبالتالي تزداد المسافات بينها ، وهذا يؤدي إلى التمدد ولما كانت قوى التجاذب بين جزئيات الأجسام الصلبة كبيرة جداً وأكبر بكثير من قوى التجاذب بين جزئيات السائل ، وقوى التجاذب بين جزئيات الغازات تكاد تكون معدومة ، فإنه يمكنك أن تعرف السبب فى أن تمدد الأجسام الصلبة بالحرارة يكون صغيراً جداً وتمدد السوائل أكبر من تمدد الأجسام الصلبة بينما تمدد الغازات يكون كبيراً جداً .

وعندما تتغير درجة حرارة جسم صلب فإن أبعاده الهندسية (الطول ، العرض الارتفاع) تتغير أيضاً ، ولما كان طول الجسم الصلب يزداد عندما يسخن فإنه يكون

له تمدد طولي كما يكون له تمدد سطحي بسبب زيادة مساحة السطح وتمدد حجمي بسبب زيادة الحجم .

أ) معامل التمدد الطولي للأجسام الصلبة :

ولتسهيل حساب التمدد الطولي للأجسام الصلبة ، اتفق على تعريف ما يسمى (معامل التمدد الطولي) وهو مقدار الزيادة التي تطرأ على وحدة الأطوال من المادة عندما ترتفع درجة حرارتها درجة سلزيوسية واحدة اعتبارا من الصفر السلزيوسي .

نفرض أن ساقاً من مادة صلبة طولها الأصلي قبل التسخين ($ل_١$)م عند درجة ($د_١$)°س ، رفعت درجة حرارتها إلى ($د_٢$)°س فأصبح طولها ($ل_٢$)م فتكون :

الزيادة فى طول الساق = ($ل_٢ - ل_١$)م

∴ الزيادة فى طول وحدة الأطوال من الساق = $\frac{ل_٢ - ل_١}{ل_١}$

التغير فى درجة حرارة الساق = ($د_٢ - د_١$)°س .

∴ الزيادة في طول وحدة الأطوال من الساق لكل ارتفاع فى درجة الحرارة مقداره سلزيوسية واحدة = $\frac{ل_٢ - ل_١}{ل_١(د_٢ - د_١)}$.

وهذا هو معامل التمدد الطولي لمادة الساق ويرمز له بالرمز (و)

$$و = \frac{ل_٢ - ل_١}{ل_١(د_٢ - د_١)} \quad (١)$$

ومن المعادلة أعلاه : $ل_٢ - ل_١ = ل_١ \times و \times (د_٢ - د_١)$ ـــ (٢)

أي أن : الزيادة فى الطول =

الطول الأصلي × معامل التمدد الطولي × التغير فى درجة الحرارة

ومن المعادلة (٢) نستنتج أن :

$ل_٢ = ل_١ [١ + و \times (د_٢ - د_١)]$ ـــ (٣)

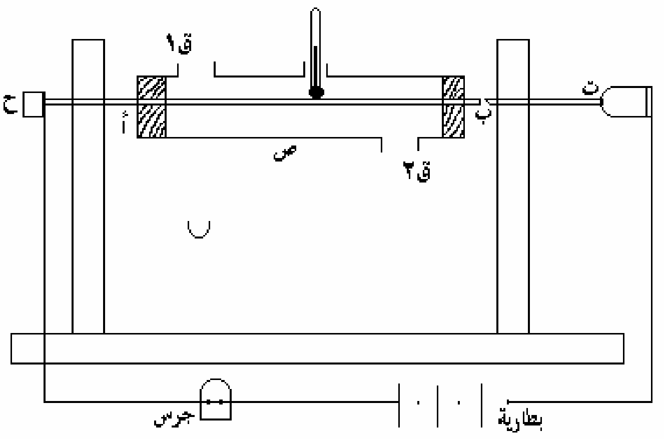
عزيزي الطالب إن لمعرفة معاملات التمدد الطولي للأجسام الصلبة المختلفة أهمية كبري فى عالم الصناعة وفي كثير من التطبيقات العملية فى حياتنا .

نشاط ( ) :

والآن عزيزي الطالب كيف نقيس معامل التمدد الطولي لساق معدنية ؟

تجربة لتعيين معامل التمدد الطولي لساق معدنية :

- q خذ ساقاً معدنيا أ ب وأحسب طوله بواسطة المسطرة ، لاحظ أن يكون طول الساق مناسباً نظراً لأن المواد الصلبة يزداد طولها زيادة صغيرة جداً نتيجة للتمدد بالحرارة ، فليكن طوله ٦٠ سنتمتراً . إجعل الساق يمر خلال قطعتين من المطاط أو الفلين مثبتين فى نهايتي أنبوب زجاجي (ص) ، ضع مقياس حرارة فى الأنبوب بحيث يكون مستودعه عند منتصف الساق ، استخدم ميكرومتر (ت) لقياس الزيادة فى طول الساق المعدني نتيجة للتمدد بالحرارة .
- q صل أحد طرفي أنبوبة مطاط بالفتحة (ف) والطرف الآخر منها بالصنبور ثم أفتح ماء الصنبور ليمر الماء من الفتحة (ف) ليخرج من الفتحة (ف) اجعل إمرار ماء الصنبور مستمراً لفترة مناسبة من الزمن حتى يكتسب الساق المعدني نفس درجة حرارة ماء الصنبور ، حرك الميكروميتر حتى يلامس طرف الساق ، يمكن معرفة ذلك بدقة عندما تسمع صوت الجرس الكهربي الموصل فى الدائرة الكهربية التي تظهر فى الرسم . سجل قراءة مقياس الحرارة وأيضاً قراءة الميكروميتر بالمليمترات وأجزاء المليمترات ، حرك الميكرومتر حتى يبتعد عن طرف الساق (ب) ليسمح له بالتمدد من هذا الطرف بينما المسمار المحوي (ح) يمنع الساق من التمدد من جهة (أ) .



شكل (٣٦)

q فرغ الماء من الأنبوب الزجاجي ثم وصل الفتحة ($ف_١$) مع إناء به ماء يغلي باستخدام أنبوبة مطاط فيدخل البخار من ($ف_١$) ويخرج من ($ف_٢$) ثم انتظر حتى يسجل مقياس الحرارة درجة حرارة ثابتة ويأخذ الساق نفس هذه الدرجة من الحرارة ، حرك الميكروميتر حتى يلامس الطرف (ب) من الساق وخذ درجة الحرارة وقراءة المايكروميتر ، الفرق بين قراءتي الميكروميتر يعطي تمدد الساق الطولي ، دوّن نتائج التجربة كما يلي :

درجة حرارة الساق الابتدائية = $د_١$ م°

درجة حرارة الساق النهائية = $د_٢$ م°

قراءة المايكروميتر الابتدائية = $ق_١$

قراءة الميكروميتر النهائية = $ق_٢$

الطول الأصلي للساق = ل سم

استخدم المعادلة الآتية لإيجاد معامل التمدد الطولي لمادة الساق المعدني

$$\text{معامل التمدد الطولي} = \frac{\text{الزيادة في الطول}}{\text{الطول الأصلي} \times \text{التغير في درجة الحرارة}}$$

$$\text{معامل التمدد الطولي} = \frac{ق_٢ - ق_١}{ل\,(د_٢ - د_١)}$$

إذا استخدم مقياس حرارة فهرنهايتي بدلاً عن المقياس المئوي فإن معامل التمدد يكون مختلفاً وفي هذه الحالة يكون مساوياً $\frac{٥}{٩}$.

من معامل التمدد الطولي الناتج فى حالة المقياس المئوي .

ب) معاملا التمدد السطحي والتمدد الحجمي :

سبق أن ذكرنا أن يمكن ملاحظة ثلاثة أنواع من التمدد فى الجسم الصلب وهي : التمدد الطولي ، والتمدد السطحي ، والتمدد الحجمي ، ولهذا يكون للجسم الصلب ثلاثة معاملات للتمدد هي : معامل التمدد الطولي ومعامل التمدد السطحي ، ومعامل التمدد الحجمي ، وكما عرفنا معامل التمدد الطولي بأنه مقدار الزيادة فى طول وحدة الأطوال من الجسم عند رفع درجة حرارته درجة سلزيوسية واحدة اعتباراً من الصفر ، كذلك يمكننا تعريف معامل التمدد السطحي للجسم الصلب بأنه : مقدار الزيادة فى مساحة وحدة المساحات من السطح عند ارتفاع درجة حرارتها درجة واحدة سلزيوسية اعتباراً من الصفر السلزيوسي . ويعرف معامل التمدد الحجمي للجسم الصلب بأنه : مقدار الزيادة في حجم وحدة الحجوم من الجسم الصلب عند ارتفاع درجة حرارتها درجة واحدة اعتباراً من الصفر السلزيوسي . ويرمز لمعامل التمدد السطحي بالرمز (ى) ولمعامل التمدد الحجمي بالرمز (جـ) .

ويمكن إثبات أن : ى = ٢و

جـ = ٣و

أمثلة محلوله :

مثال (١) :

ساق من النحاس طولها ٣م في درجة الصفر السلزيوسي ، كم يصبح طولها إذا سخنت إلى ١٠٠°م علماً بأن (و) للنحاس = ٠,٠٠٠٠١٨/°م ؟وما مقدار معامل التمدد الحجمي لمادة الساق ؟

الحل :

ل$_{٢}$=ل$_{١}$ [١+ و × (د$_{٢}$ - د$_{١}$)] .

∴ طول الساق في درجة ١٠٠°م = ٣[١+ ٠,٠٠٠٠١٨ × (١٠٠ - صفر)] .

= ٣ × ١,٠٠١٨ = ٣,٠٠٥٤م

∴ جـ = ٣و = ٣ × ٠,٠٠٠٠١٨ = ٠,٠٠٠٠٥٤ /°م

مثال (٢) :

صفيحة معدنية مربعة الشكل طول ضلعها ١٠٠ سم في درجة الصفر السلزيوسي تحتوي على ثقب دائري في منتصفها قطره ٢٠ سم . في أي درجة حرارة يصبح طول ضلعها ١٠١ سم ؟ وكم يصبح قطر الثقب عند هذه الدرجة ؟

(و) لمادة الصفيحة = ١,٢٥ × ١٠$^{-٥}$ لكل درجة سلزيوسية .

الحل :

الزيادة في طول ضلع الصفيحة = ١٠١ – ١٠٠ = ١ سم

∴ الزيادة في الطول = الطول الأصلي × معامل التمدد الطولي × فرق درجات الحرارة

١ = ١٠٠ × ١,٢٥ × ١٠$^{-٥}$ × د = ١,٢٥ × ١٠$^{-٣}$ × د

ومنه د = $\frac{١}{١,٢٥ \times ١٠^{-٣}}$ = $\frac{١٠٠٠٠٠}{١٢٥}$ = ٨٠٠°م

أما بالنسبة لقطر الثقب الدائري فإنه يتمدد كما لو كان مصمتاً

∴ الزيادة في القطر = القطر الأصلي × معامل التمدد الطولي × فرق درجات الحرارة

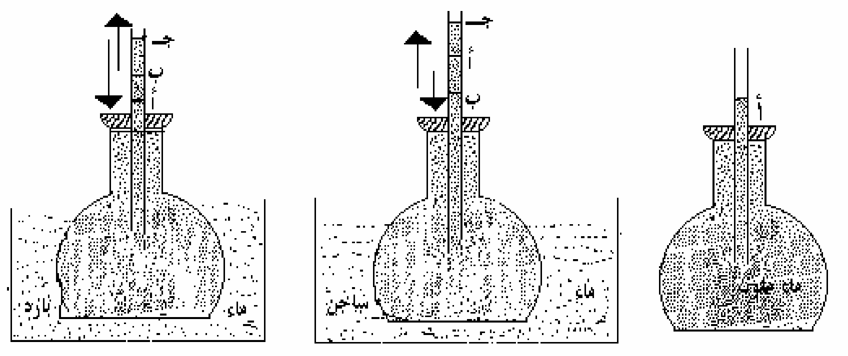
٢٠ × ١,٢٥ × ١٠^-٥ × ٨٠٠ = ٠,٢ سم

٠,١ + ٠,٢ = ٢٠,٢ سم

٢/ تمدد السوائل :

لعلك لاحظت عندما تضع إبريق الشاي وهو مملوء بالماء حتى حافته فوق لهب ، أن بعض الماء ينسكب منه قبل أن يصل الماء إلى درجة الغليان ، وإذا لاحظت سطح الماء في مبرد العربة (مشع الحرارة) Radiator عندما يكون المحرك ساخناً فإنك تجده عند حافة المبرد ، وإذا برد المحرك فإنك تلاحظ أن سطح الماء ينخفض . إن هاتين الملاحظتين تبينان أن الماء وبقية السوائل تتمدد بالحرارة وتنكمش عندما تبرد .

ويمكن توضيح تمدد السوائل باستخدام دورق مملوء بماء ملون ونسده بسداد تنفذ منه أنبوبة توصيل رفيعة بحيث يرتفع سطح الماء فيها قليلاً كما في الشكل (٣٧) .



شكل رقم (٣٧)

نفرض أن سطح الماء في الأنبوبة كان عند النقطة (أ) فإذا وضع الدورق في حوض به ماء ساخن تشاهد أولاً انخفاض سطح الماء في الأنبوبة قليلاً حتى نقطة (ب) لماذا ؟ ، ثم يبدأ سطح الماء في الارتفاع ويتعدى مستوى سطحه في الأنبوبة قبل التسخين إلى أن يصل أقصى ارتفاع عند (جـ)

من هنا ترى أن الماء يتمدد بالحرارة وأن تمدده (ب جـ) أكبر من تمدد الإناء الزجاجي الحاوي له (أ ب) ، أي أن تمدد السوائل أكبر من تمدد الأجسام الصلبة .

ولكن هل تتمدد المقادير المتساوية من السوائل المختلفة بمقدار واحد إذا ارتفعت درجة حرارتها بمقدار واحد . فالسوائل المختلفة المتساوية فى الحجم تتمدد بمقادير مختلفة إذا ارتفعت درجة حرارتها بنفس المقدار .

أ) التمدد الحقيقي والتمدد الظاهري للسائل :

إن السائل يأخذ شكل الإناء الذي يوضع فيه ولذا لا يكون للسائل طولاً أو مساحة سطح خاصة به ، ولكن يكون له حجم خاص ، وعلى ذلك لا يوجد للسائل سوى تمدد حجمي ، ولما كان لا بد من وضع السائل فى إناء ما فإن كلاً من الإناء والسائل يتمدد عند التسخين ، أي أن حجم الإناء يزداد كما يزداد حجم السائل ، ولأن تمدد السائل يكون أكبر من تمدد الإناء فإن الذي نلاحظه بعد التسخين هو التمدد الظاهري للسائل وهو يقل دائماً عن التمدد الحقيقي للسائل بمقدار تمدد الإناء الحاوي للسائل .

أي أن :

الزيادة الظاهرية فى حجم السائل = الزيادة الحقيقة فى حجم السائل – الزيادة فى حجم الإناء

ومن هنا نرى أنه يمكن ملاحظة معاملين من معاملات التمدد الحجمي لسائل :

أولاً : معامل التمدد الظاهري للسائل :

ويرمز له بالرمز (هـ) وهو : مقدار الزيادة الظاهرية التي تطرأ على حجم وحدة الحجوم من السائل عندما ترتفع درجة حرارتها درجة سلزيوسية واحدة اعتباراً من الصفر أو هو الزيادة فى حجم وحدة الحجوم من السائل عندما ترتفع درجة حرارتها درجة سلزيوسية واحدة اعتباراً من الصفر بإهمال تمدد الإناء .

فإذا كانت (ح١) تمثل الحجم الأصلي للسائل فى درجة (د ١) وكانت (ح٢) تمثل الحجم الظاهري للسائل فى درجة (د ٢) ، فإن الزيادة الظاهرية فى حجم السائل = (ح٢ - ح١) .

الزيادة الظاهرية فى حجم وحدة الحجوم من السوائل = $\frac{ح_٢ - ح_١}{ح_١}$

∴ الزيادة الظاهرية فى حجم وحدة الحجوم من السائل لكل ارتفاع فى درجة الحرارة .

مقداره درجة واحدة سلزيوسية :

$$هـ = \frac{ح_٢ - ح_١}{\ }$$

$$ح_١ (د_٢ - د_١)$$

أي أن معامل التمدد الظاهري لسائل = $\frac{\text{الزيادة الظاهرية فى حجم السائل}}{\text{الحجم الأصلي للسائل × فرق درجات الحرارة}}$

كما يمكننا أن نستنتج أن :

$$ح_٢ = ح_١ [١ + هـ (د_٢ - د_١)]$$

ثانياً : معامل التمدد الحقيقي للسائل :

ويرمز له بالرمز (ق) وهو مقدار الزيادة الحقيقة التي تطرأ على حجم وحدة الحجوم من السائل عندما ترتفع درجة حرارته درجة سلزيوسية واحدة اعتبارا من الصفر .

ويمكننا أن نستنتج كما سبق أن :

$$ق = \frac{ح_٢ - ح_١}{ح_١ (د_٢ - د_١)}$$

أي أن : معامل التمدد الحقيقي لسائل = $\frac{\text{الزيادة الحقيقية فى حجم السائل}}{\text{الحجم الأصلي للسائل × فرق درجات الحرارة}}$

ومنه $ح_٢ = ح_١ [١ + ق (د_٢ - د_١)]$

حيث ($ح_١$) الحجم الحقيقي للسائل فى درجة ($د_١$) ، ($ح_٢$) الحجم الحقيقي للسائل فى درجة ($د_٢$) .

ما هي العلاقة بين (ق) ، (هـ) ؟

وهل لكل منهما قيمة ثابتة للسائل الواحد ؟

أنت تعلم أن :

الزيادة الحقيقية في حجم السائل = الزيادة الظاهرية فى حجم السائل + الزيادة فى تمدد الإناء

∴ ح١ × ق × (د٢ - د١) = ح١ × هـ × (د٢ — د١) + ح١ × جـ × (د٢ - د١)

حيث (ح١) هو حجم كل من السائل والدورق في الدرجة (د١)°م ، (جـ) معامل التمدد الحجمي لمادة الدورق .

∴ ق = هـ + جـ

هـ = ق − جـ

ولماذا كانت (ق) مقداراً ثابتاً للسائل الواحد فإن قيمة (هـ) تتوقف على قيمة (جـ)، كما يتبين من العلاقة الأخيرة . وبما أن (جـ) تتوقف على نوع مادة الإناء الحاوي للسائل ، فإن (هـ) لا يمكن أن تكون لها قيمة ثابتة للسائل الواحد بل تتوقف قيمتها على نوع مادة الإناء الحاوي للسائل وإذا تغيرت (جـ) فإن (هـ) تتغير تبعاً لذلك بحيث تكون قيمة (ق) ثابتة دائماً .

مثال (١) :

إذا كان معامل التمدد الحقيقي للجلسرين السائل ٠,٠٠٠٥٣٤ فما معامل تمدده الظاهري في إناء من النحاس معامل تمدده الطولي = ٠,٠٠٠٠١٨ /°م .

الحل :

(جـ) للنحاس = ٣و = ٣ × ٠,٠٠٠٠١٨ = ٠,٠٠٠٠٥٤

هـ = ق - جـ

هـ (للجلسرين في إناء النحاس) = ٠,٠٠٠٥٣٤ — ٠,٠٠٠٠٥٤

= ٠,٠٠٠٤٨

مثال (٢) :

١٠٠ سم٣ من الزئبق محفوظة في إناء من الزجاج في درجة ٢٥°د ، أحسب الفرق بين الحجم الحقيقي للزئبق والحجم الظاهري له إذا ارتفعت درجة حرارته إلى ٤٥°د ، (و) للزجاج = ٠,٠٠٠٠١ (ق) للزئبق = ٠,٠٠٠١٨

الحل :

هـ = ق - جـ

هـ = ٠,٠٠٠١٨ - ٣ × ٠,٠٠٠٠١ = ٠,٠٠٠١٥

الحجم الحقيقي للزئبق في درجة ٤٥°د = ح٢ = ح١ [١ + ق (د٢ — د١)]

= ١٠٠ [١ + ٠,٠٠٠١٨ × ٢٠]

= ١٠٠,٣٦ سم٣

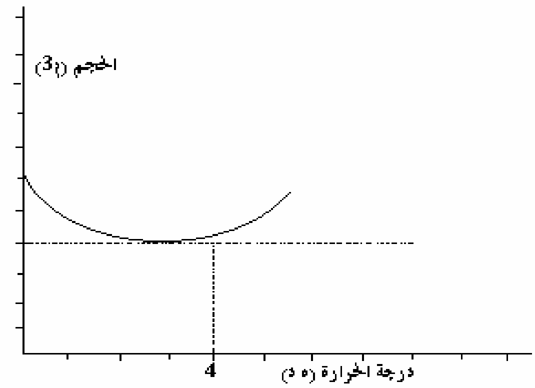
الحجم الظاهري للزئبق في درجة ٤٥°د = ح٢ = ح١ [١ + هـ (د٢ — د١)]

= ١٠٠ [١ + ٠,٠٠٠١٥ × ٢٠]

= ١٠٠,٣٠ سم٣

∴ الفرق بين الحجمين الحقيقي والظاهري = ١٠٠,٣٦ - ١٠٠,٣٠ = ٠,٠٦ سم٣ وهو يعادل تمدد الإناء .

٣/ شذوذ تمدد الماء :

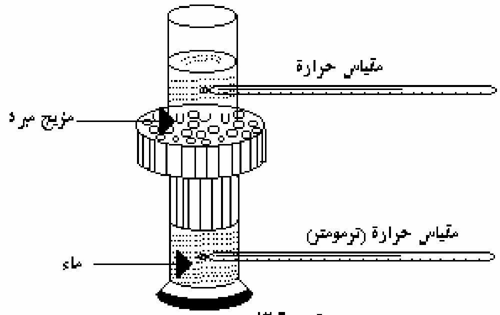


الشكل رقم (٣٨)

عرفنا أن السوائل تتمدد بالحرارة فيزداد حجمها ، وأن الزيادة فى الحجم تتناسب طردياً مع الارتفاع فى درجة حرارة السائل . ولكن الماء هو السائل الوحيد الذي يشذ عن هذه القاعدة وذلك بين درجتي (صفرºم ، ٤ºم) فقط .

فإذا أخذنا كمية من الماء فى درجة الصفر وبدأنا فى رفع درجة حرارتها فإن حجمها يبدأ فى التناقص (بدلاً من أن يزيد كما فى السوائل الأخرى) ويستمر هذا التناقص فى الحجم إلى أن تصل درجة حرارة الماء ٤ºم ، وبعد ذلك يبدأ حجم الماء فى الزيادة بارتفاع درجة حرارته كما فى السوائل الأخرى أي أن حجم كمية معينة من الماء يكون أقل ما يمكن عند درجة ٤ºم . لاحظ الخط البياني فى الشكل (٣٨) .

ولما كانت الكثافة	=	الكتلة / الحجم



شكل رقم (٣٩)

فإننا نستنتج أن كثافة الماء تكون أكبر ما يمكن عندما يكون حجمه أقل ما يمكن وذلك فى درجة ٤ºم حيث تبلغ كثافة الماء عند هذه الدرجة ١٠٠٠ كجم / م٣ (١جم / سم٣) . أما كثافة الماء فوق درجة ٤ºم ودونها فإنها تكون أقل من ١٠٠٠ كجم / م٣ . ولعل شذوذ الماء هذا هو السبب فى استمرار الحياة فى مياه البحار ، إذ لولا ذلك

لتجمدت مياه البحر كلها وماتت الحياة فيها ، ويمكن إثبات ذلك بتجربة عملية يستخدم فيها جهاز كالمبين في الشكل (٣٩) والمسمى جهاز (هوب) .

تملأ الاسطوانة بالماء ، ونضع مخلوطاً مبرداً كالثلج وملح الطعام في الحوض ونراقب قراءتي الترمومترين ، فنلاحظ أن درجة حرارة الماء السفلي تنخفض بالتدريج بينما تبقى قراءة الترمومتر العلوي ثابتة تقريباً ، ويستمر هذا إلى أن تصبح درجة حرارة الماء السفلي + ٤ْم وتثبت عندها ، وتبدأ قراءة الترمومتر العلوي في الهبوط إلى أن تصل إلى الصفر وعندها تبدأ طبقة رقيقة من الثلج بالتكوين على سطح الماء مع بقاء درجة حرارة الماء السفلي عند +٤ْم .

يفسر ذلك بأن الماء الذي يبرد في بداية التجربة يقل حجمه فتزداد كثافته ويهبط إلى أسفل مسبباً انخفاض درجة حرارة الماء السفلي ، ويستمر ذلك إلى أن تصبح درجة حرارة الماء السفلي +٤ْم ، حيث تكون كثافة الماء أكبر ما يمكن وعندها يبدأ الماء البارد الذي تقل درجة حرارته عن+ ٤ْم بالصعود إلى أعلى ، أي أن حجمه يزيد فتقل كثافته ويرتفع إلى أعلى فتنخفض درجة الماء العلوي حتى الصفر .

أسئلة وتمارين على تمدد السوائل والمواد الصلبة :

١/ علّل لما يأتي :

أ/ يفضل استخدام زجاج البايركس العادي فى صناعة الأواني الزجاجية المستخدمة فى المختبرات .

ب/ تثبت قضبان السكك الحديده تثبيتاً متيناً فى الأرض بدون ترك مسافات بينها إلا فى نهاية الخط .

ج/ للسوائل معاملا تمدد حجمي أما الأجسام الصلبة فلها معامل تمدد حجمي واحد فقط .

د/ شذوذ الماء فى تمدده هو السبب فى استمرار الحياة للكائنات البحرية الحية .

٢/ دورق مملوء بالماء فى درجة الصفر ومسدود بسداد تنفذ منه أنبوبة زجاجية رفيعة بحيث يرتفع فيها سطح الماء قليلاً ، صف ما يحدث لحجم الماء فى الدورق عند وضعه فى حوض به ماء درجة حرارته ١٠°م ، ارسم خطاً بيانياً يوضح العلاقة بين حجم الماء ودرجة حرارته خلال هذا المدى من درجات الحرارة .

٣/ إذا كان معامل التمدد الحقيقي للزئبق ٠,٠٠٠١٨ ومعامل تمدده الظاهري فى إناء من الزجاج ٠,٠٠٠١٥٦ أحسب معامل التمدد الطولي للزجاج وإذا كان معامل التمدد الظاهري للجلسرين السائل فى نفس الإناء ٠,٠٠٠٥١٦ أحسب معامل التمدد الحقيقي للجلسرين .

٤/ إذا كان طول ساق من المعدن فى درجة ٢٠٠°م يساوي ١٠٠ سم ، في أية درجة حرارة يصبح طولها ٩٩,٤ سم ، علماً بأن (و) لمادة الساق ٠,٠٠٠٠٢/ °م .

٥/ عرّف معامل التمدد الطولي لجسم صلب ثم أشرح تجربة عملية لإيجاد معامل التمدد الطولي لساق معدنية ، اذكر الاحتياطات الواجب اتخاذها عند التجربة .

تمدد الغـــاز : EXPANSION OF GASES

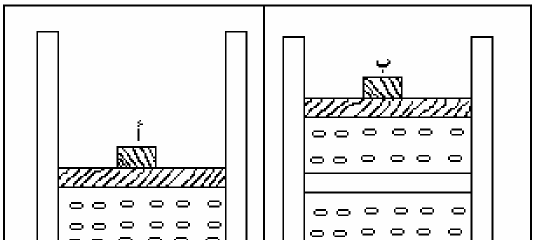
علمت أن حجوم الأجسام الجامدة والسوائل تتغير بتغير درجة حرارتها ولكنها لا تكاد تتأثر بتغير الضغط الواقع عليها .

أما حجم الغاز فيتأثر بعاملين هما درجة الحرارة ، الضغط الواقع عليه أي أن للغاز ثلاثة متغيرات تحدد حالته ، هي حجمه وضغطه ودرجة حرارته ، والعلاقة بين هذه المتغيرات تسمى (بمعادلة الحالة للغازات) وللوصول إلى هذه العلاقة سنبدأ أولاً بدراسة العلاقة بين كل عاملين منها عند ثبات العامل الثالث .

١/ أولاً : العلاقة بين حجم كمية معينة من غاز ودرجة حرارتها عند ثبات ضغطها أو ما يعرف بقانون شارل :

يتبين من نظرية الحركة للغازات إن الضغط الذي يحدثه الغاز على جدران الإناء الذي يحتويه يكون بسبب تصادم الجزيئات أثناء حركتها مع جدران الإناء ، كما أن متوسط طاقة حركة الجزيء (./كع) تتناسب طردياً مع درجة الحرارة .

ما الذي يحدث لجزيئات كمية معينة من غاز إذا سخنت تحت ضغط ثابت ؟



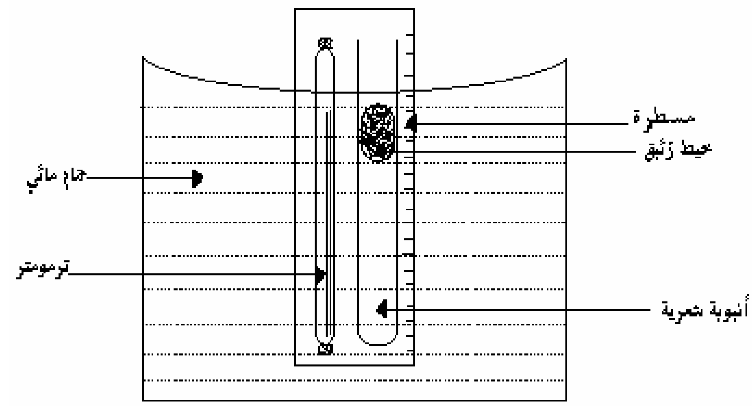
شكل رقم (٤٠)

في الشكل (٤٠) حبست كمية معينة من غاز في اسطوانة ذات مكبس عديم الاحتكاك عليه ثقل ليكون الضغط الواقع على الغاز ثابتاً طوال التجربة ، ولكي يستقر المكبس في وضع معين يجب أن يكون ضغط الغاز المحبوس مساوياً لضغط المكبس وما عليه ، وعند رفع درجة الحرارة يزداد عدد تصادمات جزيئات الغاز مع الجدران والمكبس نظراً لزيادة طاقة حركة الجزيئات ولذلك يدفع المكبس للخارج إلى أن يستقر في وضع جديد محدثاً زيادة في حجم الغاز أي أن تسخين كمية معينة من غاز تحت ضغط ثابت يسبب زيادة في حجمها .

ما هي العلاقة بين حجم كمية معينة من غاز ودرجة حرارتها عند ثبات الضغط ؟

يمكـن إيجـاد هـذه العلاقـة بحجـز كتلـة ثابتـة مـن غـاز مـا فـى أنبوبـة شـعرية منتظمـة المقطع (حيث الحجوم تتناسب مع الأطوال) بوساطة خيط دقيق من الزئبق ، فإذا وضعت الأنبوبـة الـشعرية وفوهتـها لأعلـى (مـثلاً) فـإن الـضغط الواقـع علـى الغـاز المحبـوس عنـد اسـتقرار خـيط الزئبـق = الـضغط الجـوي + الـضغط النـاتج عـن خـيط الزئبـق ، ويظـل الـضغط ثابتاً طالما بقى وضع الأنبوبة ثابتاً .

ضع الأنبوبة الشعرية فى حمام مائي يمكن تغيير درجة حرارته وعين حجـم الغاز المحبوس فى درجات حرارة مختلفة بقياس طول الغاز المحصور فى الأنبوبة ، ثـم ارسـم خطاً بيانياً بين حجـم الغاز ودرجة حرارته عند ثبات ضغطه ، بالاعتماد على النتائج تحصل على الخط البياني المبين بالشكل (٤١) وهو مستقيم مما يدل على انتظام تمدد الغازات .



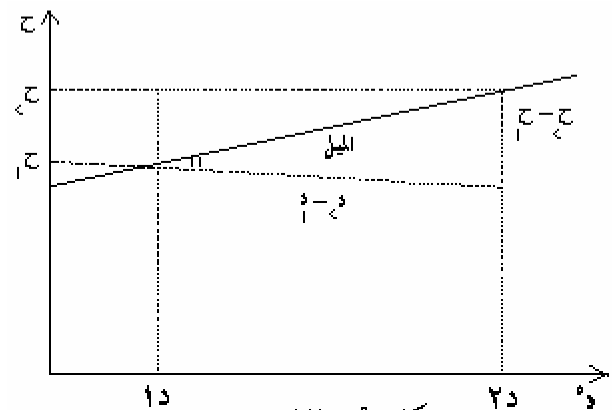
شكل رقم (٤١)

نلاحظ من الرسـم البياني ما يلي :

١/ لا ينعدم حجـم الغاز عند صفر°م وبعبارة أخرى لا يتناسب حجـم طردياً مع درجة الحرارة .

٢/ ميل الخط المستقيـم $= \frac{ح_٢ - ح_١}{(د_٢ - د_١)}$

وهذا مقدار تمدد الغاز لكل درجة سلزيوسية وهو مقدار ثابت .



شكل رقم (٤٢)

ونستنتج من ذلك أن حجماً معيناً من الغاز يتمدد بمقدار ثابت عندما ترتفع درجة حرارته درجة سلزيوسية واحدة . معامل التمدد الحجمي للغاز تحت ضغط ثابت هو مقدار وحدة الحجوم من الغاز عندما ترتفع درجة حرارتها درجة سلزيوسية واحدة .

أي أن :

معامل التمدد الحجمي للغاز تحت ضغط ثابت (جـ)	=	$\frac{ح_2 - ح_1}{ح_1 \times د}$

أي $ح_2 = ح_1 (1 + جـ د)$

حيث ح حجم الغاز في الدرجة د، ح. حجم الغاز في الدرجة صفر، وقد وجد أن قيمة (جـ) ثابتة مهما كانت قيمة الضغط الواقع على الغاز طالما ظل ثابتاً أثناء التجربة كما أن قيمتها ثابتة لجميع أنواع الغازات .

$$جـ = \frac{١}{٢٧٣} = ٠,٠٠٣٦٦ \;/\; درجة\ سلزيوسية$$

ومن الخط البياني نجد أن $\frac{ح}{د}$ = ميل الخط البياني = $\frac{مقداراً}{ثابتاً}$

ومنه ح ∝ ط (حيث ط درجة الحرارة المطلقة) .

أي أن (حجم كتلة معينة من غاز يتناسب طردياً مع درجة حرارتها المطلقة عند ثبات ضغطها) ويمكن الوصول إلى النتيجة السابقة باستخدام العلاقة :

$$\frac{ح_٢}{ح_١} = \frac{١ + جـ د_٢}{١ + جـ د_١}$$

والتعويض عن قيمة جـ $\frac{١}{٢٧٣}$ نجد أن $\frac{ح_٢}{ح_١} = \frac{ط_٢}{ط_١}$

مثال :

أنبوبة شعرية من الزجاج أحد طرفيها مسدود وبها خيط من الزئبق يحبس مقداراً من الهواء بداخلها ، غمرت في حوض به زيت درجة حرارته ٢٧°ط ، وكان حجم الهواء المحبوس ١٥ مم^٣ ، ولما رفعت درجة حرارة الحوض إلى ١٢٧°ط صار حجم الهواء المحبوس ٢٠مم^٣ أحسب معامل التمدد الحجمي للهواء تحت ضغط ثابت .

الحل :

الحالة الثانية	في الحالة الأولى
$ح_2 = ٢٠$ ممـ$^{٣} = ٢٠ \times ١٠^{-٩}$ م^{٣}	$ح_1 = ١٥$ ممـ$^{٣} = ١٥ \times ١٠^{-٩}$ م^{٣}
$د_2 = ١٢٧$°ط	$د_1 = ٢٧$°ط

وبتطبيق العلاقة :

$$\frac{ح_2}{ح_1} = \frac{١ + جـ د_2}{١ + جـ د_1}$$

نجد أن :

$$\frac{٢٠ \times ١٠^{-٩}}{١٥ \times ١٠^{-٩}} = \frac{١ + (جـ \times ١٢٧)}{١ + (جـ \times ٢٧)}$$

إذن :

$$\frac{٤}{٣} = \frac{١ + ١٢٧ جـ}{١ + ٢٧ جـ}$$

$$٣(١ + ١٢٧ جـ) = ٤(١ + ٢٧ جـ)$$

$$٣ + ٣٨١ جـ = ٤ + ١٠٨ جـ$$

$$\text{أو } ١ = ٢٧٣ جـ$$

$$\therefore جـ = \frac{١}{٢٧٣} \text{ /°ط}$$

٢/ العلاقة بين حجم الغاز وضغطه عند ثبات درجة حرارته :

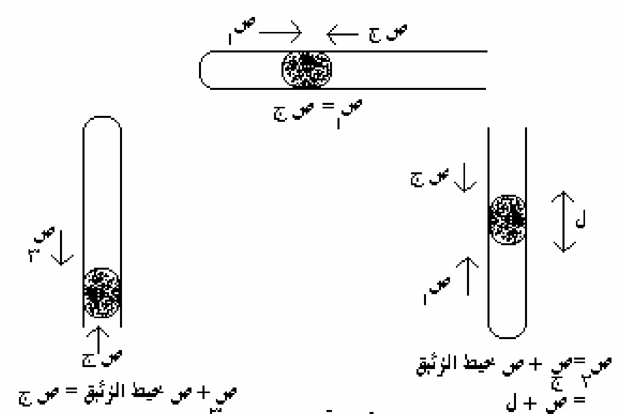
لو وضعت كمية من غاز ما في إناء مقفل يمكن تغيير حجمه كأسطوانة ذات مكبس فإن عدداً كبيراً من التصادمات تحدثها جزيئاته على جدران الإناء مسببة الضغط .

ترى ما الذي يحدث لضغط الغاز إذا ازدادت كتلة الغاز فى الحيز نفسه عند ثبات درجة الحرارة؟ وهل يمكن تفسير ما يحدث عند نفخ إطار السيارة أو البالون ؟ وهل يتغير ضغط كتلة ثابتة من غاز إذا تغير الحجم الذي تشغله عند ثبات درجة الحرارة ؟ وما هي العلاقة بين حجم كمية معينة من غاز وضغطها عند ثبات درجة الحرارة ؟

ولمعرفة هذه العلاقة خذ أنبوبة شعرية كالتي استعملتها فى التجربة السابقة وأدخل فيها خيطاً من الزئبق لتحصر بواسطته حجماً معيناً من الهواء داخل الأنبوبة ، ثم أجعل هذه الأنبوبة أفقية مرة ، ورأسية فوهتها إلى الأعلى مرة ثانية ، ورأسية وفوهتها إلى الأسفل مرة ثالثة وعين حجم الهواء المحصور فى كل مرة (يتناسب حجم الهواء المحصور مع طول الجزء الذي يشغله من الأنبوبة ويحدده الخيط الزئبقي) .

عيّن كذلك ضغط الهواء المحصور فى كل مرة وسجل نتائجك فى جدول كالآتي :

وضع الأنبوبة	(ح) حجم الهواء	(ض) ضغط الهواء المحصور	ح×ض
١			
٢			
٣			



شكل رقم (٤٣)

تلاحظ أن حجم الغاز (الهواء المحصور) يتناقص عندما يزداد الضغط المؤثر عليه (الذي يساوي ضغطه عند التوازن) ويزداد عندما ينقص الضغط المؤثر عليه ، وأن حاصل الضرب (ح × ض) ثابت في جميع الحالات ، أي أن :

$$ح_1 \times ض_1 = ح_2 \times ض_2 = ح_3 \times ض_3 = \text{مقدار ثابت}$$

ومن نستنتج أن : ح ∝ ض

أي أن حجم كتلة معينة من غاز ما يتناسب عكسياً مع ضغطه عند ثبات درجة الحرارة وتعرف هذه العلاقة بقانون بويل .

٣/ معادلة الحالة للغازات:

إذا تغير كل من ضغط الغاز ودرجة حرارته فإن حجمه يتغير ، ويمكن استنتاج العلاقة التي تربط الحجم والضغط ودرجة الحرارة كما يلي :
أنت تعلم من قانون بويل أن :

ح ∝ ١ عند ثبات درجة الحرارة

ض

كما تعلم من قانون شارل أن :

ح ∝ ط عند ثبات الضغط

$$\therefore ح \propto \frac{ط}{ض}$$

$$\therefore ح \propto \frac{ط}{ض} \times ثابت$$

أو

$$\frac{ح \propto ض}{ط} \quad \text{مقدار ثابت لنفس الكتلة من الغاز}$$

وإذا رمزنا للمقدار الثابت بالرمز (ث) فإن هذه المعادلة يمكن كتابتها على الشكل :

$$ح \times ض = ث\, ط$$

وتسمى هذه العلاقة بمعادلة الحالة للغازات أو المعادلة العامة للغازات .

وإذا تغيرت درجة حرارة كمية من الغاز من ط إلى ط وبقي حجمه ثابتاً فإن ضغطه يتغير من ض إلى ض. وبتطبيق معادلة الحالة للغازات :

$$\frac{ح_1 ض_1}{ط_1} = \frac{ح_2 ض_2}{ط_2}$$

نجد أن :

$$\frac{ض_{١}}{ط_{١}} = \frac{ض_{٢}}{ط_{٢}}$$

مثال :

اسطوانة تحتوي على ٣٠٠ سم^{٣} من غاز تحت الضغط الجوي ($١٠^{٥}$ نيوتن /م^{٣}) ، تحرك المكبس حتى أصبح الضغط ٨ × $١٠^{٥}$ نيوتن / م^{٣} ، أحسب حجم الغاز بفرض أن درجة الحرارة ثابتة .

الحل :

في الحالة الأولى	في الحالة الثانية
$ح_{١}$ = ٣٠٠ سم^{٣}	$ح_{٢}$ = ؟
$ض_{١}$ = $١٠^{٥}$ نيوتن / م^{٣}	$ض_{٢}$ = ٨×$١٠^{٥}$ نيوتن / م^{٣}

وبتطبيق العلاقة $ح_{١} × ص_{١} = ح_{٢} × ص_{٢}$

نجد أن $= ٣٠٠ × ١٠^{-٦} × ١٠^{٥} = ح_{٢} × ٨ × ١٠^{٥}$

$$\therefore ح_{٢} = \frac{٣٠٠ × ١٠^{-٦} × ١٠^{٥}}{٨ × ١٠^{٥}} = ٣٧,٥ × ١٠^{-٦} م^{٣} = ٣٧,٥ سم^{٣}$$

أسئلة وتمارين :

١/ اذكر العلاقة بين الزيادة فى طول ساق معدنية وطولها الأصلي ثم استنتج العوامل التي تتوقف عليها هذه الزيادة .

٢/ إذا كان طول ساق من النحاس فى درجة الصفر المئوي هو ٥٠ سم فأوجد درجة الحرارة التي يصبح فيها طول الساق ٥٠,٢٥٥ سم علماً بأن (و) للنحاس = ٠,٠٠٠٠١٧

٣/ إذا كان طول القضيب الواحد في قضبان السكك الحديدية ١٠ م ، وكانت المسافة المتروكة بين كل قضيبين ٠,٣٦ سم ، فأوجد درجة الحرارة التي يتلامس فيها القضيبان علماً بأن (و) للحديد = ٠,٠٠٠٠١٢ .

٤/ ١٠٠ سم^{3} من الزئبق محفوظة فى إناء من الزجاج فى درجة ٢٥ م ، أحسب الفرق بين الحجم الحقيقي للزئبق والحجم الظاهري له إذا ارتفعت درجة حرارته إلى ٤٥ °م علماً بأن :

(و) للزجاج= ٠,٠٠٠٠١ ، (ق) للزئبق = ٠,٠٠٠١٨

٥/ أشرح العلاقة بين معامل التمدد الحقيقي للسائل ومعامل تمدده الظاهري ومعامل التمدد الحجمي للإناء .

٦/ علل لما يأتي :

ليس لمعامل التمدد الظاهري للسائل قيمة ثابتة .

٧/ كمية من غاز فى درجة ٥٠ م حجمها ٥٠٠ سم^{3} أوجد حجمها فى درجة (- ٥٠ م) مع ثبوت الضغط .

٨/ إذا كان حجم مقدار معين من الهواء ٢٤٠ سم^{3} وضغطه ٧٥ سم زئبق فماذا يكون حجمه إذا صار ضغطه ٢٢٥ سم زئبق ، علماً بأن درجة الحرارة ثابتة .

٩/ إذا كان حجم مقدار معين من غاز يساوي ٧٥٠ سم ^{3} ودرجة حرارته ٣٩ °م ، وتحت ضغط ٧٢ سم زئبق فما مقدار ضغطه إذا أصبح حجمه ٩٠٠ سم ^{3} ودرجة حرارته ١٣ °م .

١٠/ علل لما يأتي :

أ/ يسكب قلم الحبر جزءاً من حبره فى الغطاء صيفاً .

ب/ يجب عدم ملء بالونات الطقس تماماً بغاز الهليوم .

ج/ قد ينفجر إطار السيارة عند توقفها المفاجئ وهي مسرعة .

الحرارة والشغل : Heat & work

١/ العلاقة بين الحرارة والشغل :

عزيزي الطالب أنت تعرف أن الحرارة صورة من صور الطاقة المتعددة ، وإنتاج الطاقة الحرارية يتم بطرق متعددة فيمكن إنتاجها من الطاقة الكيميائية بحرق الفحم أو تخفيف الحمض بالماء ، ومن الطاقة الكهربائية ومن الطاقة الميكانيكية عندما تبذل شغلاً فى حك قطعتين من الحجر فإنهما يسخنا أو عندما تعمل شغلاً في ضغط الغاز كما فى منفاخ الدراجة .

ويمكن تحويل الطاقة الحرارية إلى شغل كما فى الآلة البخارية أو آلة الاحتراق الداخلي حيث يحترق الوقود منتجاً الطاقة الحرارية التي تتحول إلى طاقة حركة تؤدي شغلاً ، ولقد أجرى (رمفورد Rum Ford) وهو مهندس أمريكي ، عدة تجارب كانت نتيجتها رفض نظرية السيال الحراري التي كانت تقول أن الحرارة عبارة عن مادة سيالة تتدفق من جسم لآخر وأثبت رمفورد أن الحرارة نوع من أنواع الطاقة التي تتولد بالاحتكاك .

وأخيراً ربط العالم (جيمس جول) بين مصادر الشغل والطاقة الحرارية بتجارب عملية كان الغرض منها إثبات أن كمية الحرارة الناتجة ببذل كمية واحدة من الشغل (الطاقة الميكانيكية) دائماً واحدة .

والعلم الذي يربط بين الحرارة والصور الأخرى للطاقة يسمى (الديناميكا الحرارية) وسوف نحاول أن نوضح العلاقة بين الحرارة والطاقة الميكانيكية .

٢/ قانون بقاء الطاقة :

ينص القانون على أن (مجموع الطاقة فى نظام محكم يظل ثابتاً) فلو فرضنا وجود آلة مثالية ليس فيها احتكاك مطلقاً فإننا عندما نطابق الحقائق الميكانيكية البسيطة لأي نظام محكم فإننا نجد أن :

الطاقة المستنفذة ببذل مجهود = الشغل المبذول لرفع الحمل أو لتحريك الأجزاء +

الشغل المبذول ضد الاحتكاك .

والشغل المبذول ضد الاحتكاك يولد حرارة والشغل المبذول لرفع الحمل يمد الحمل بطاقة وضع وعند ذلك تكتب المعادلة :

الطاقة المستنفذة ببذل جهد = طاقة الوضع الميكانيكية التي يستمدها الحمل + الطاقة الحرارية الناتجة بالاحتكاك

وهذا يعني أن الحرارة المتولدة تكافئ تماماً الشغل الميكانيكي المستنفذ فى إنتاجها .

٣/ القانون الأول في الديناميكا الحرارية :

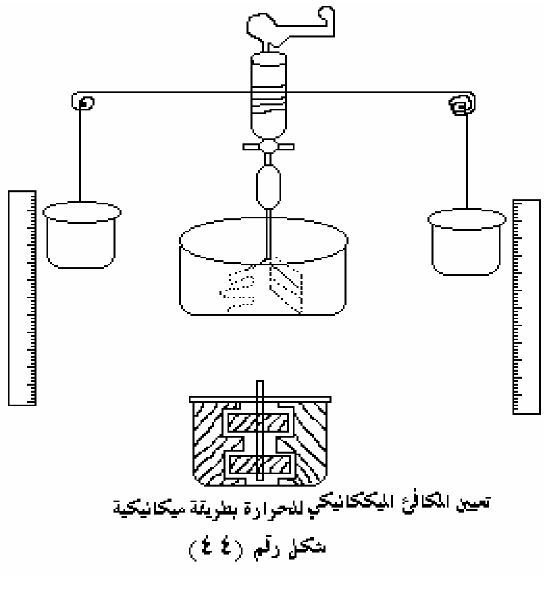
عندما يتحول الشغل الميكانيكي بكامله إلى حرارة فإن كل وحدة من وحدات الشغل تتحول إلى كمية محددة من وحدات الحرارة ، فإذا تحول (ش) من وحدات الشغل إلى (ح) من وحدات الطاقة الحرارية فإن :

ش = ح × ي

حيث (ي) مقدار ثابت يسمى المكافئ الميكانيكي للحرارة وهو يساوي ٤,١٨ جول لأن واحد سعر من الحرارة يكافئ أو يعمل شغلاً قدره ٤,١٨ جول والعكس صحيح .

٤/ تعيين المكافئ الميكانيكي للحرارة بطريقة ميكانيكية:

قام جول بتجربة عملية الغرض منها معرفة مقدار الشغل اللازم لتوليد كمية من الحرارة قدرها سعراً واحداً .



تعيين المكافئ الميكانيكي للحرارة بطريقة ميكانيكية

شكل رقم (٤٤)

استخدم جول الجهاز الموضح بالشكل (٤٤) ويتركب من مسعر يحوي ماء ومزود بدالات متصلة بمحور يمكنه الدوران بواسطة سقوط كتلتين مربوطتين بخيط ملفوف حول اسطوانة جوفاء متصلة بالمحور والمسعر كما هو موضح بالشكل السفلي مزودة بصفائح تعمل كحواجز تسمح بمرور البدالات بينها وهذه الحواجز لمنع حركة الماء الدورانية لأنه سيكتسب بذلك طاقة حركة عندما تتحرك البدالات وتعمل شغلاً ضد مقاومة الماء والاسطوانة الجوفاء لا تكون مرتبطة بالمحور عندما يراد رفع الثقلين لأعلى بواسطتها ولكن فقط تكون مرتبطة بالمحور عند سقوط الكتلتين .

خطوات العمل :

وضع جول كمية معلومة الكتلة من الماء في المسعر المعلوم مكافئه المائي ، وقيست درجة حرارتها بواسطة ترمومتر ينفذ من غطاء المسعر ورفعت الأثقال لأعلى وربط المحور ثم أسقطت الأثقال لتدير البدالات خلال الماء بالمسعر وكرر هذه لعدة مرات فارتفعت درجة حرارة المسعر ، وتقاس المسافة التي يتحركها الثقل أثناء سقوطه في كل مرة .

أفرض أن كل ثقل كانت كتلته (ك) جم ويسقط مسافة (ف) سم في كل مرة وسمح له بالسقوط (ن) مرة .

∴ طاقة الوضع المفقودة في كل مرة = (٢ ك ف) جم . سم

وكل طاقة الوضع المفقودة = (٢ ك ف ن) جم . سم .

وكانت كتلة الماء + المكافئ المائي للمسعر = (و) جم .

والارتفاع في كمية الحرارة المتولدة = ح سعر .

يمكن القول أن اختفاء (٢ ك ف ن) جم . سم من الطاقة أنتج مقداراً من الطاقة الحرارية قدره .

ح سعراً ولذلك فإن : السعر يمكن الحصول عليه من $\frac{\text{٢ ك ف ن}}{\text{ح}}$ جم . سم من الطاقة

وكانت نتيجة هذه التجربة أن :

١ سعر حصل عليه ببذل مقدار ثابت من الشغل هو ٤,١٨ × ١٠^{٧} أرج = ٤,١٨ جول .

وفي المعادلات يسمى هذا الثابت (ي) وبذلك نجد أن :

$$ح = \frac{ط}{ي} \quad أي ط = ح \times ي$$

حيث ح، ط كميتان متكافئتان في الحرارة والطاقة الميكانيكية .

٢-١٢: الوحدة الثانية

المغناطيس والمواد المغناطيسية

١/ تمهيد

إن المغناطيسية منذ اكتشاف حجر المغناطيس بواسطة راعي مغنيسيا بآسيا قد تطورت دراستها وأصبحت أحد الفروع الهامة فى الفيزياء حيث استطاع العالم (أورستد) أن يوضح العلاقة بين الكهرباء والمغناطيسية (كما ستعرف لاحقاً) ، ثم جاء بعده العالم (فـــاراداي) ليكمل ما بدأه (أورستد) ، واستطاع بتجاربه المتعددة (كما ستعرف لاحقاً) أن يتوصل إلى المولدات الكهربية باعتبارها من أهم مصادر الحصول على الطاقة الكهربية مستغلاً بذلك المجال المغناطيسي للحصول على التيار الكهربي . ولعلك فى المرحلة الدراسية السابقة قد درســـت بعض المبادئ الأساسية المتعلقة بالمغناطيسية دعنا نستعرض وإياك بعضها .

إن المغناطيس الطبيعي يعرف بأوكسيد الحديد المغناطيسي ، هذا وتوجد مغناطيسيات صناعية ذات أشكال مختلفة ، كما إنك درست أن لكل مغناطيس قطبين أحـــدهما يعـــرف بالقطب الشمالي والآخر بالقطب الجنوبي ، وأنه إذا وضع مغناطيسان قرب بعضهما الـــبعض فإن الأقطاب المختلفة تتجاذب والمتشابهة تتنافر ولعل من أهم ما درست هو النتيجة التي يمكن استخلاصها من تجزئة المغناطيس وهي : لا يمكن عزل أحد قطبي المغناطيس عن الآخر مهمـــا استمرينا فى تجزئة المغناطيس ، مما يدل على أن المغناطيس مهما كان صغيراً ، ثنائي القطب . ولعلك تذكر بأن المواد التي يستطيع المغناطيس جذبها تعرف بالمواد المغناطيسية مثل الحديـــد بأنواعه والنيكل والكوبالت . كما أن المواد التي لا يستطيع المغناطيس جذبها تعرف بالمواد غير المغناطيسية مثل النحاس والزجاج والخشب .

٢/ القوة المغناطيسية بين قطبيين مغناطيسيين متجاورين :

يتحدد نوع القوة المغناطيسية (تجاذب أو تنافر) بالقاعدة الآتية :

(الأقطاب المغناطيسية المتشابهة تتنافر والمختلفة تتجاذب) وقد وجد العالم (كولوم) من التجربة أن مقدار القوة المغناطيسية يعتمد على العوامل الآتية :

١) شدة كل من القطبين حيث تتناسب القوة المغناطيسية تناسباً طردياً مع حاصل ضـــرب شدة كل من القطبين .

٢) البعد بين القطبين حـــيث تتناسب القـــوة المغناطيسية تناســـباً عكسياً مع مربع البعد بين القطبين .

٣) نوع الوسط المادي الذي يفصل القطبين حيث يختلف مقـــدار القـــوة المغناطيـــسية باختلاف نوع الوسط الذي يفصل القطبين .

ومما يجدر ذكره أن دمج العوامل الثلاثة أعلاه يعطي قانون كولوم للقوى المغناطيـــسية الذي ينص على : (تتناسب قوة التجاذب أو التنافر بين قطبين مغناطيسيين تناسباً طردياً مع حاصل ضرب شدة كل منهما وعكسياً مع مربع البعد بينهما وتختلف باختلاف نوع الوسط الذي يفصلهما) .

٣/ المجال المغناطيسي :

يعرف المجال المغناطيسي بأنه الحيز المحيط بالمغناطيس من جميع الجهات الذي يظهر فيـــه أثره المغناطيسي .

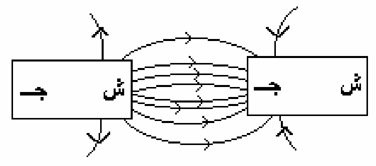
يتكون المجال المغناطيسي من خطوط قوى تعرف بخطوط القوى المغناطيسية ، اقترحها فارادي وتقبلها باقي العلماء واعتبروها وسيلة مناسبة لتخيل المجال المغناطيسي .

من خواص خطوط القوى المغناطيسية الآتي :

١) هي خطوط وهمية .

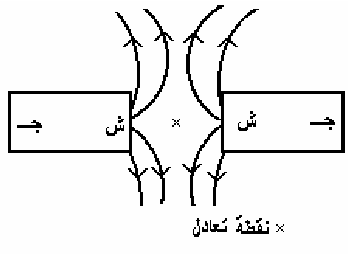
٢) تبدأ من القطب الشمالي وتنتهي في القطب الجنوبي أو تستمر إلى ما لا نهاية .

٣) لا تتقاطع ، لأن اتجاه القوة المؤثرة في نقطة ما في المجال المغناطيسي يحـــدد اتجـــاه المجـــال المغناطيسي في تلك النقطة ، والقوة لا يمكن أن يكون لها أكثر من اتجاه واحد ولذلك لا يمر بالنقطة أكثر من خط قوة واحد .



شكل (٤٥)

٤) تقاس شدة المجال المغناطيسي بعـــدد خطـــوط القوى المغناطيسية المارة خلال سطح ما.



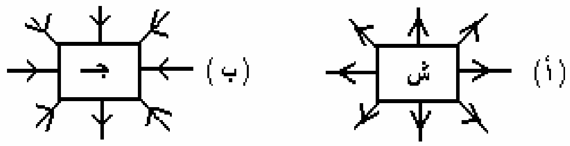
شكل (٤٦)

٥) خطوط القوى المغناطيسية تتمـــدد وتـــنكمش (مثل المطاط المرن) عندما تؤثر عليها قوة وتعود لحالتها الأصلية بعد زوال القوة ، بدليل أنه إذا وضع مغناطيسيان متقاربين بحيث يكون قطباهما المختلفان متقـــابلين فـــإن خطـــوط القـــوى المغناطيسية تتكاثف وترتبط مع بعضها البعض كما في الشكل (٩-١).

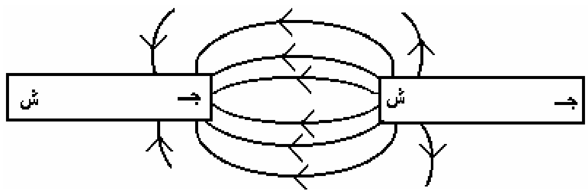
أما إذا كان القطبان المتقابلان متشابهين فإنه لنفس السبب يقـــل التكـــاثف بـــين خطوط المجال المغناطيسي ممـــا يؤدي إلى وجـــود نقطة تعادل بينـــهما كمـــا في الشكل (٤٦).

٤/ أشكال المجالات المغناطيسية :

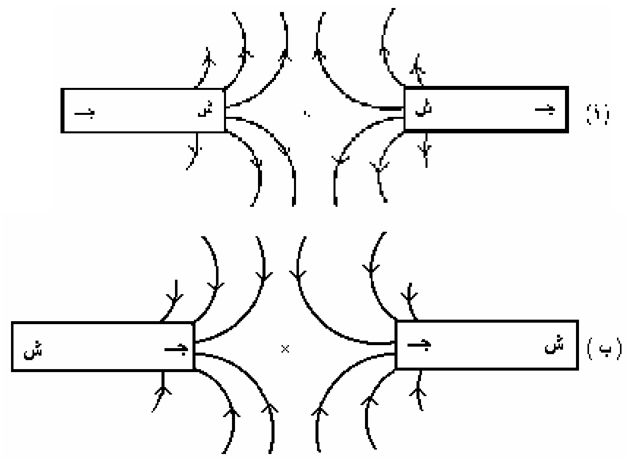
١) المجال المغناطيسي حول قطب مغناطيسي منفرد .



٢) المجال المغناطيسي بين قطبين مغناطيسيين مختلفين ومتجاورين .

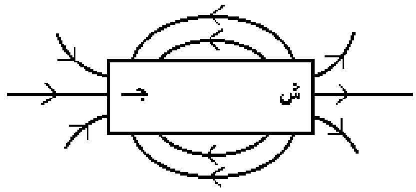


٣) المجال المغناطيسي بين قطبين مغناطيسيين متشابهين ومتجاورين .



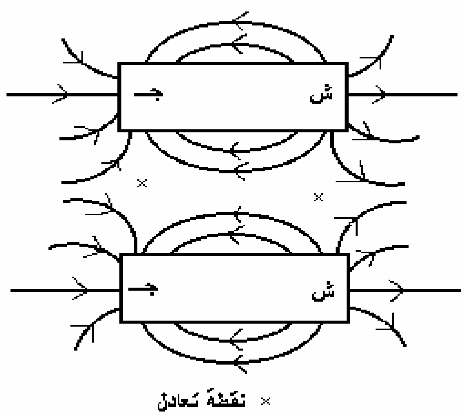
× نقطة تعادل

٤) المجال المغناطيسي حول قضيب مغناطيسي منفرد .

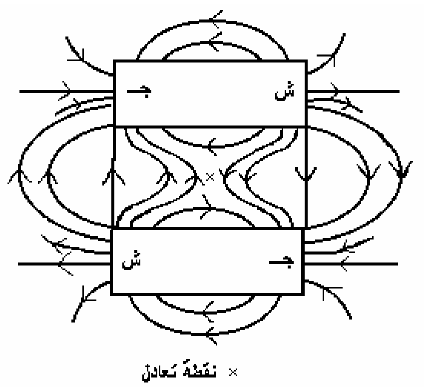


٥) المجال المغناطيسي بين قضيبين مغناطيسيين متوازين

(أ) الأقطاب المتشابهة متقابلة



(ب) الأقطاب المختلفة متقابلة .



الأسئلة والتمارين :

١/ اذكر ثلاثة أمثلة لمواد مغناطيسية وثلاثة أمثلة أخرى لمواد غير مغناطيسية .

٢/ ما هو المقصود بالمجال المغنطيسي ؟

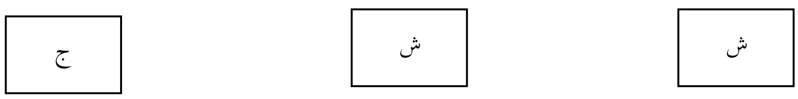
٣/ علل لماذا لا تتقاطع خطوط القوى المغناطيسية ؟

٤/ ما هي العوامل التي تعتمد عليها قوة التجاذب أو التنافر بين الأقطاب المغناطيسية ؟

٥/ الشكل أدناه يوضح ثلاثة أقطاب مغناطيسية متساوية الشدة وعلى مسافات متساوية من بعضها البعض :

أ/ حدد شكل المجال المغناطيسي الناتج منها كمجموعة ؟

ب/ بالعلامة (×) حدد النقاط التي يكون المجال المغناطيسي فيها صفراً .



الشحنة الكهربية

١/ تمهيد :

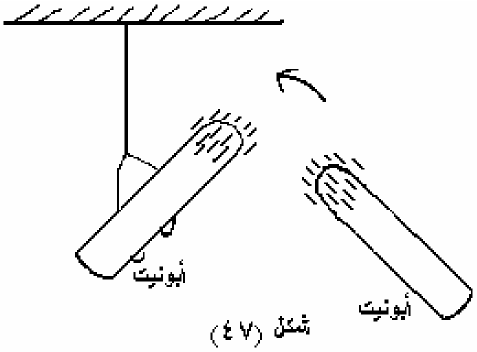
ينسب إلى أحد حكماء اليونان واسمه (ميلتوس) إنه سجل ضمن ملاحظاته بأنه إذا دلك العنبر بالأجسام فإنه يكتسب خاصية جديدة ، وهي جذب قطع الريش والقش الصغيرة ، وقد بقيت هذه الملاحظة مطوية حتى جاء السير (وليام جلبرت) في القرن السابع عشر فاسترعته تلك الملاحظة وبدأ التحقق بالتجربة مما كتبه الحكيم اليوناني ، ثم تساءل جلبرت عما إذا كان العنبر هو المادة الوحيدة التي تكتسب هذه الخاصية وإلا ، فما هي المواد الأخرى التي تشترك معه فيها ؟ وهل تكتسب جميع المواد إذا دلكت خاصية جذب الأجسام الخفيفة ؟ ثم ما اسم هذه الخاصية ؟ وكيف تنشأ ؟ .

وحتى يجيب جلبرت على هذه التساؤلات أخذ عدداً من المواد المختلفة ، وبدأ يــدلك كل قطعتين معاً ثم يقرب كلاً منهما إلى أجسام خفيفة ويدون ملاحظاته . وقد أطلق جلبرت على ظاهرة اكتساب جسم ما لقوة جذب الأجسام الخفيفة الأخرى بعد دلكه بجسم آخر اسم الكهربية ، وأطلق على الشحنة المتكونة على سطح الجسم عند دلكه بجسم آخــر مــصطلح الشحنة الكهربية .

٢) نوعا الشحنة الكهربية :

نشاط (١) :

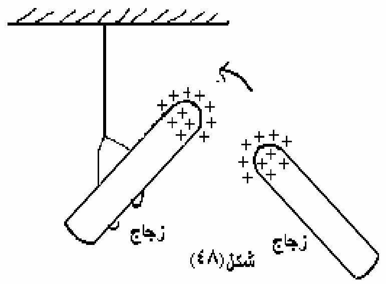
خذ قــضيباً مــن الأبونيــت وأدلكــه بقطعة من الصوف ليكتــسب شــحنة كهربية ثم ضعه علــى ركــاب معلــق بخيط ، ثم أدلــك قــضيباً آخــر مــن الأبونيت بقطعة من الــصوف وقربــه من قضيب الأبونيــت المعلــق وســجل ماذا حدث ؟ (شكل (٤٧)) .



شكل (٤٧)

نشاط (٢) :

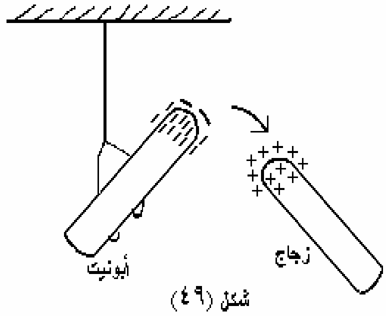
أدلك قضيباً من الزجاج بقطعة من الحرير لتكسبه شحنة كهربية ثم ضعه على ركاب معلق بواسطة خيط ليكون حر الحركة ، ثم خذ قضيباً آخر من الزجاج وأدلكه بقطعة من الحرير وقربه من قضيب الزجاج المعلق ثم لاحظ ماذا يحدث؟ كما في الشكل (٤٨).



شكل (٤٨)

نشاط (٣) :

قرب قضيب الزجاج المدلوك بالحرير من قضيب الأبونيت المدلوك بالصوف والمعلق على ركاب وسجل ملاحظاتك كما في الشكل (٤٩) .



شكل (٤٩)

لعلك لاحظت من التجارب السابقة أن قضيبي الأبونيت المدلوكين بالصوف يتنافران وكذلك قضيبي الزجاج المدلوكين بالحرير يتنافران أيضاً أما قضيب الزجاج المدلوك بالحرير فقد جذب قضيب الأيونيت المدلوك بالصوف، ولعل أهم الاستنتاجات التي يمكن الوصول إليها الآتي:

- إن قضيبي الأبونيت المدلوكين بالصوف يحملان نفس النوع من الشحنة الكهربية ، وكذلك فإن قضيبي الزجاج المدلوكين بالحرير يحملان نفس النوع من الشحنة الكهربية .
- شحنة قضيب الأبونيت المدلوك بالصوف تختلف من شحنة قضيب الزجاج المدلوك بالحرير وقد اصطلح علماء الفيزياء ومنذ القرن السابع عشر على تسمية الشحنة التي يحملها قضيب الزجاج المدلوك بالحرير بالشحنة الموجبة (+) والشحنة التي يحملها قضيب الأبونيت الملوك بالصوف بالشحنة السالبة (-) .

٣/ تفسير شحن الأجسام بالكهربية :

كما تعرف من دراستك السابقة أن الذرة تتكون من نواة تحتوي على مجموعة من البروتونات ذات الشحنة الموجبة ومجموعة من النيوترونات المتعادلة كهربياً ، ويدور حول نواة الذرة عدد من الإلكترونات (ذات الشحنة السالبة) عددها يساوي عدد البروتونات ، وأن

الإلكترونات خفيفة جداً بالنسبة للبروتونات ، ولذلك فهي سهلة الحركة تدور فى مدارات اهليجية حول النواة .

وتكون الذرة فى الحالة العادية متعادلة كهربياً (لماذا ؟) . فإذا فقدت الذرة بعض الإلكترونات من مدارها الأخير فإنها تصبح موجبة الشحنة ، أما إذا اكتسبت الذرة بعض الإلكترونات تصبح سالبة الشحنة ، ويحدث هذا عند دلك مادتين بعضهما البعض فتنتقل الإلكترونات من إحدى المادتين للأخرى ، وعليه فالمادة التي تنتقل إليها الإلكترونات تصبح سالبة الشحنة والمادة التي تنتقل منها الإلكترونات تصبح موجبة الشحنة ، ولعل ذلك يساعدك على أن تستنتج أن شحنة الدالك تساوي شحنة المدلوك من حيث المقدار وتعاكسها من حيث النوع .

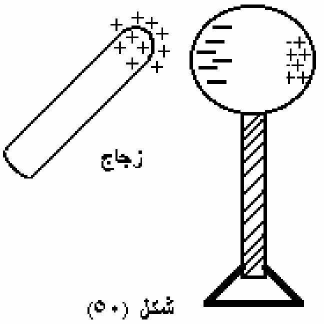
٤/ طرق شحن الجسم بالكهربية :

أ) شحن الجسم بالكهربية بالدلك :

لعلك عرفت ذلك من المبحث السابق .

ب) شحن الجسم بالكهربية بطريقة التأثير :

شاط (١) :



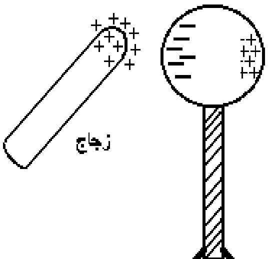
شكل (٥٠)

أدلك قضيباً من الزجاج بقطعة من الحرير وقربه من كرة نحاس خفيفة محمولة على حامل عازل دون أن يلامسها فإذا اختبرت نوعي الشحنة الموجودة على طرفي كرة النحاس وجدت أن شحنة الطرف القريب سالبة بينما شحنة الطرف البعيد موجبة . كما فى الشكل (٥٠) .

ومما يجدر ذكره أن شحنة قضيب الزجاج تعــرف بالشحنة المؤثرة ، وشحنة طرف الكرة القريب لقضيب الزجاج تعرف بالشحنة المقيدة بينما

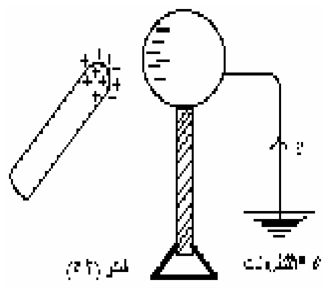
تعرف شحنة الطرف البعيد بالشحنة الحرة ، الشحنة المقيدة تكون مخالفة لشحنة الجسم المؤثر بينما الشحنة الحرة تكون مشابهة لشحنة الجسم المؤثر.

وتفسير شحن الأجسام بطريقة التأثير هو أن تقريب قضيب الزجاج الذي يحمل شحنة كهربية موجبة من كرة النحاس فإن هذه الشحنة تؤثر على الإلكترونات الحرة بداخل كرة النحاس بقوة تجذبها فى اتجاه القضيب الموجب الشحنة وينتج عن ذلك تجمع الإلكترونات فى الطرف المواجه لقضيب الزجاج والبروتونات فى الطرف البعيد للكرة ، عادة الشحنة الكهربية المكتسبة بالتأثير لا تدوم كثيراً فتزول بعد زوال الجسم المؤثر ولكن ولإعطاء الجسم شحنة كهربية بطريقة التأثير تدوم لفترة طويلة يمكن اتباع الخطوات الآتية :



شكل (٥١)

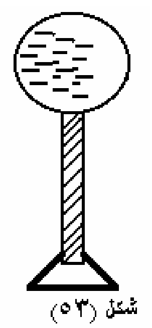
أولاً : تقريب الجسم المؤثر من الجسم المراد شحنه ليكتسب طرفاه الشحنتين المقيدة والحرة كما فى الشكل (٥١).



ثانياً : مع بقاء المؤثر نصل الكرة بالأرض لتتسرب الشحنة الحرة كما فى الشكل (٥٢) .

ثالثاً : فى نفس الوقت يبعد الجسم المؤثر ويزال التوصل الأرضي فتنتشر الشحنة المقيدة على سطح الكرة كما فى الشكل (٥٣) .

ولعلك تلاحظ أن الشحن بالتأثير يكسب الجسم شحنة كهربية مخالفة لشحنة الجسم المؤثر .


شكل (٥٣)

تدريب :

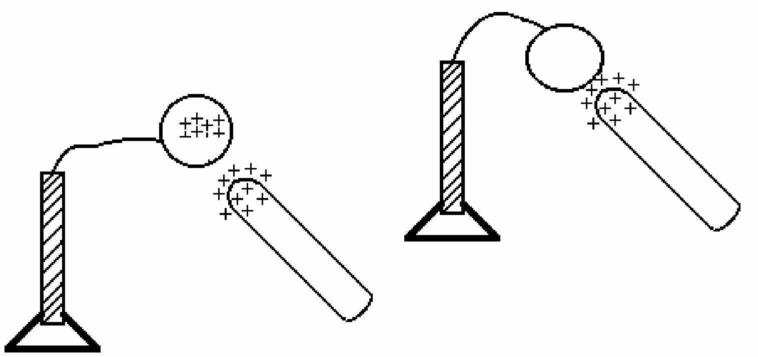
بناء على الخطوات أعلاه استنتج كيف يمكن شحن كرة النحاس بشحنة موجبة بطريقة التأثير ؟

ج) شحن الجسم بالكهربية بطريقة اللمس :

نشاط :

أدلك ساقاً من الزجاج بقطعة من الحرير ليكتسب شحنة كهربية موجبة وقربه من كرة نخاع البليسان (أو كرة من نخاع القصب الجاف) معلقة بخيط رفيع ، تشاهد أن

الكرة تنجذب لقضيب الزجاج وتلتصق به لبرهة ثم تتنافر معه وإذا اختبرت شحنة الكرة تجد أنها اكتسبت نفس شحنة قضيب الزجاج كما فى الشكل (٥٤) .



شكل (٥٤)

ويمكن تفسير الشحن باللمس بأن الشحنات السالبة (الإلكترونات) انتقلت من كرة البليسان إلى قضيب الزجاج وبذلك أصبحت كرة البليسان موجبة الشحنة وبناءً على ذلك تنافرت مع قضيب الزجاج بعد فترة قصيرة .

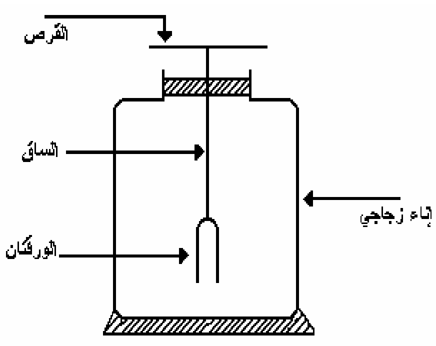
تدريب :

بناء على ما سبق استنتج ماذا يحدث إذا قربت ساقاً من الأبونيت المدلوك بالصوف حتى يلامس كرة نخاع البليسان .

ولعلك الآن تدرك مما سبق بأن الشحنة الكهربية المكتسبة عن طريق اللمس تشبه شحنة الجسم اللامس .

٥/ الكشاف الكهربي :

وهو عبارة عن جهاز بسيط يتكون من قرص معدني متصل بساق معدنية فى نهايتها ورقتين رقيقتين من معدن القصدير ، يوضع الجهاز فى وعاء زجاجي لحمايته من الهواء كما فى الشكل (٥٥) .



شكل (٥٥)

في حالة خلو الكشاف الكهربي من

الشحنات الكهربية تكون الورقتان منطبقتين ، أما فى حالة شحن الكشاف بأي نـوع مـن الشحنات الكهربية تكون الورقتان منفرجتين ، ويفسر انفراج الورقتين عند الشحن بـأن الشحنة الكهربية انتقلت من القرص خلال الساق إلى الورقتين فاكتسبت الورقتان شحنتين كهربيتين متشابهتين.

٦/ بعض مجالات استخدام الكشاف الكهربي :

أ) في معرفة الحالة الكهربية للجسم :

ويتم ذلك باستخدام كشاف كهربي خالي من الشحنة (الورقتان منطبقتان) ثم نلمس قرص الكشاف الكهربي بالجسم المراد اختباره ، فإذا انفرجت الورقتان كان ذلك دليلاً على أن الجسم مشحون بشحنة كهربية وإذا ظلت الورقتان كما هما كان الجسم غير مشحون .

ب) في معرفة نوع الشحنة الكهربية :

ويتم ذلك باستخدام كشاف كهربي مشحون بشحنة معينة ولتكن موجبة مثلاً ثم نلمس قرص الكشاف الكهربي بالجسم المراد اختباره ، فإذا زاد انفراج الورقتين كانت شحنة الجسم موجبة (لماذا ؟) وإذا قل انفراج الورقتين كانت شحنة الجسم سالبة (لماذا ؟) .

ج) في المقارنة بين مقداري شحنتين كهربيتين :

ويتم ذلك باستخدام كشافين كهربيين خاليين من الشحنة ، ثم نلمس قرص الكشاف الأول بالجسم الأول المراد اختباره وقرص الكشاف الثاني بالجسم الثاني ، ونلاحظ مقدار الانفراج فى كلٍ من الكشافين فالانفراج الأكبر يدل على الشحنة الأكثر .

د) في التمييز بين الموصل والعازل :

ويتم ذلك باستخدام كشاف كهربي مشحون بشحنة ما لتنفرج ورقتاه بمقدار ، ثم نصل قرص الكشاف الكهربي بالأرض بواسطة الجسم المراد اختباره فإذا انطبقت الورقتان بسرعة كان الجسم جيد التوصيل وإذا انطبقت الورقتان ببطء كان الجسم رديء التوصيل وإذا ظلت الورقتان كما هما كان الجسم عازلاً .

٧/ الموصلات والعوازل :

لقد عرفت مما سبق أن كل المواد تتركب من ذرات وأن الذرات تحتوي على بروتونات ونيوترونات وإلكترونات ، وأنه يمكن أن تنتقل الإلكترونات فى المدارات الخارجية من ذرة إلى أخرى وأن عدد هذه الإلكترونات ومدى حركتها من جسم لآخر تحدد خواص المـــادة مـــن حيث توصيلها للكهرباء أو عدمه .

وبناء على ذلك يمكن تقسيم المواد من حيث توصيلها إلى :

١/ مواد جيدة التوصيل مثل الفضة والذهب والنحاس والكربون .

٢/ مواد رديئة التوصيل مثل الماء والخشب الرطب .

٣/ مواد عازلة مثل الزجاج والمطاط والخزف والزيوت .

٨) قانون كولوم للقوى الكهربية :

لقد اقتصرت دراستنا للأجسام المشحونة حتى الآن على الناحية الوصفية ولم نتطرق للمقادير العددية للقوى الكهربية بين الشحنات الكهربية ، وأول دراسة كمية معروفة للقوى الكهربية بين الأجسام المشحونة كهربياً هي الدراسة التي قام بها الفيزيائي الفرنسي كولوم ، فقد وجد كولوم من التجربة أن القوة الكهربية بين شحنتين كهربيتين تعتمد على العوامل الآتية :

١. مقدار كل من الشحنتين .
٢. المسافة بين الشحنتين .
٣. نوع الوسط المادي الذي يفصل الشحنتين .

ومن ثم استنتج أن القوة الكهربية تتناسب تناسباً طردياً مع حاصل ضرب مقدار كل من الشحنتين وعكسياً مع مربع المسافة بينهما وتختلف باختلاف نوع الوسط الذي يفصلهما ويمكن التعبير عن هذه العلاقة رياضياً بالصورة الآتية :

$$\text{ق} = \frac{\text{م ك}_{١}\ \text{ك}_{٢}}{\text{ف}^{٢}}$$

حيث أن :

ق ≡ القوة الكهربية بالنيوتن

$\text{ك}_{١}$ ≡ مقدار الشحنة الأولي بالكولوم

$ك_{٢}$ ≡ مقدار الشحنة الثانية بالكولوم .

ف ≡ المسافة بالمتر .

م ≡ مقدار ثابت يعرف بثابت كولوم مقداره يساوي ٩×١٠^{٩} نيوتن متر^{٢}/كولوم^{٢}.

مثال(١) :

شحنتان كهربيتان مقدار الأولى ٢ ميكروكولوم ومقدار الثانية ٨ ميكروكولوم موضوعتان فى الفراغ والبعد بينهما ١٢ سم ما مقدار القوة المؤثرة على شحنة مقدارها ٥ ميكروكولوم موضوعة فى منتصف المسافة بينهما ، علماً بأن ثابت كولوم = ٩×١٠^{٩} نيوتن متر ^{٢} / كولوم ^{٢} .

الحل :

أ .... ب

٢×٦^{-٦} كولوم ...... ٥×٦^{-٦} كولوم ...... ٨×٦^{-٦} كولوم

⟵ ٦ سم ⟶⟵ ٦ سم ⟶

أفرض أن $ق_{أ}$ ≡ القوة المؤثرة على الشحنة المذكورة من الشحنة (أ) .

أفرض أن $ق_{ب}$ ≡ القوة المؤثرة على الشحنة المذكورة من الشحنة (ب) .

$$ق = \frac{م\ ك_{١}\ ك_{٢}}{ف^{٢}}$$

حيث أن :

ق ≡ القوة الكهربية .

م ≡ ثابت كولوم .

ك١≡ مقدار الشحنة لأولى .

ك٢≡ مقدار الشحنة الثانية .

ف ≡ المسافة بين الشحنتين

$$ق_{أ} = \frac{٩ \times ١٠^{٩} \times ٢ \times ١٠^{-٦} \times ٥ \times ١٠^{-٦}}{٦ \times ٦ \times ١٠^{-٤}}$$

= <u>٢٥ نيوتن لليسار</u>

$$ق_{ب} = ٩ \times ١٠^{٩} \times ٨ \times ١٠^{-٦} \times ٥ \times ١٠^{-٦}$$

= <u>١٠٠ نيوتن لليمين</u>

٦× ٦ × ١٠$^{-٤}$

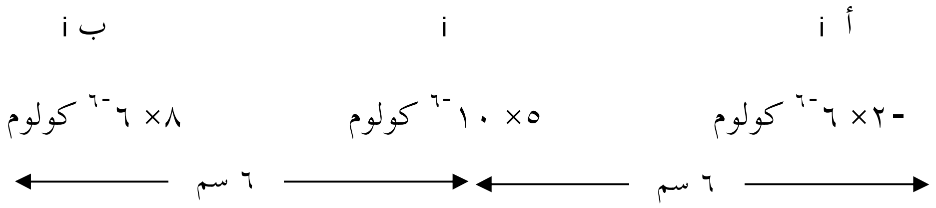
ق$_{أ}$ ، ق$_{ب}$ فى اتجاهين متضادين

∴ القوة المؤثرة الكلية = ق$_{ب}$ - ق$_{أ}$ = ١٠٠ – ٢٥ = ٧٥ نيوتن لليمين .

مثال(٢) :

أعد حل السؤال السابق بافتراض أن الشحنة الأولى سالبة .

الحل :



أفرض أن ق$_{أ}$ ≡ القوة المؤثرة على الشحنة المذكورة من الشحنة (أ) .

أفرض أن ق$_{ب}$ ≡ القوة المؤثرة على الشحنة المذكورة من الشحنة (ب) .

$$\text{Q ق} = \frac{\text{م ك}_١\text{ك}_٢}{\text{ف}^٢}$$

ق$_{أ}$ = $\frac{٩×١٠^{٩}×(-٢×١٠^{-٦})×٥×١٠^{-٦}}{٦× ٦ × ١٠^{-٤}}$ = -٢٥ نيوتن لليمين

الإشارة السالبة تعني أن القوة تجاذب .

∴ ق$_{أ}$ = ٢٥ نيوتن لليمين

ق$_{ب}$ = $\frac{٩×١٠^{٩}×٨×١٠^{-٦}×٥×١٠^{-٦}}{٦× ٦ × ١٠^{-٤}}$ =١٠٠ نيوتن لليمين

ق$_{أ}$ ، ق$_{ب}$ فى نفس الاتجاه

∴ القوة المؤثرة الكلية = ق$_{ب}$ + ق$_{أ}$ = ٢٥ +١٠٠ = ١٢٥ نيوتن لليمين .

الأسئلة والتمارين :

في جميع الأسئلة اعتبر ثابت كولوم = ٩× ١٠ ^{٩} نيوتن . متر ^{٢} / كولوم ^{٢}

١/ أشرح كيف يمكن شحن الكشاف الكهربي بشحنة سالبة بطريقة التأثير .

٢/ قرب جسم مشحون بشحنة سالبة من قرص كشاف كهربي (دون أن يلامسه) بالرسم وضح نوع الشحنة الكهربية على القرص والورقتين .

٣/ كيف يمكن استخدام الكشاف الكهربي فى الأتي :

أ/ فى التمييز بين الموصل والعازل .

ب/ فى معرفة نوع الشحنة الكهربية .

ج/ فى المقارنة بين مقداري شحنتين كهربتيين .

٤/ شحنتان كهربيتان مقدار الأولى ٥٠ ميكروكولوم ومقدار الثانية ٨٠ ميكروكولوم موضوعتان في الهواء والبعد بينهما ٥٠ سنتمتر ما مقدار واتجاه القوة التي تؤثر بها كل على الأخرى .

٥/ $\overline{\text{أ ب}}$ مستقيم طوله ٦٠ سنتمتر نُصِّف عند م ، وثُبتت عليه ثلاث شحنات كهربية مقاديرها ١٥ ، ١٨ ، -٣٥ ميكروكولوم عند النقاط أ ، م ، ب على الترتيب . أحسب مقدار القوة المؤثرة على الشحنة عند النقطة م .

٦/ شحن جسمان صغيران بشحنتين متساويتين ومتشابهتين فكانت القوة التي يؤثر بها كل على الآخر ١٠ $^{-٣}$ نيوتن ما مقدار شحنة كل من الجسمين علماً بأن المسافة بينهما ٣٦ سنتمتر .

١/ المجال الكهربي :

لعلك لاحظت من النشاطات أن الجسم الذي يحمل شحنة كهربية يجذب الأجسام الصغيرة التي تقع بالقرب منه ، أما إذا بعدت هذه الأجسام الصغيرة عن الجسم المشحون كهربياً فإنها لا تنجذب إليه مما يدل على أن لكل جسم مشحون حيز يحيط به وتظهر فيه آثار الشحنة الكهربية أو بعبارة أخرى فإن للجسم المشحون مجال قوة ، أي أن الشحنة تؤثر بقوة كهربية فى المحيط حولها من جميع الجهات .

المجال الكهربي مثل المجال المغناطيسي فى أنه يتكون من خطوط قوى تعـــرف بخطـــوط القوى الكهربية ، تتصف بالخواص الآتية :

١. هي خطوط وهمية .
٢. لها اتجاه يبدأ من الشحنة الموجبة وينتهي فى الشحنة السالبة أو يستمر إلى ما نهاية .
٣. لا تتقاطع ، لنفس السبب الموجود بالنسبة لخطوط القوى المغناطيسية هل تذكره ؟
٤. تقدر شدة المجال الكهربي بعدد خطوط القوى الموجودة فى وحدة مساحة .

٢/ شدة المجال الكهربي :

تعرف شدة المجال الكهربي فى نقطة ما بمقدار القوة (ق) التي يؤثر بها المجال الكهربي على وحدة الشحنة الموجبة (ك) أو بصيغة أخرى كالآتي :

$$\text{مك} = \frac{\text{ق}}{\text{ك}} \qquad (١)$$

حيث أن :

مك ≡ شدة المجال الكهربي
ق ≡ القوة الكهربية
ك ≡ مقدار الشحنة .

فإذا كانت القوة تقاس بالنيوتن والشحنة بالكولوم فإن وحدة شدة المجال الكهربي ستكون نيوتن /كولوم ، وحيث أن القوة كمية متجهة فإن شدة المجال الكهربي كمية متجهة أيضاً أي له خاصتيان هما المقدار والاتجاه فالمقدار تحدده العلاقة (١) السابقة أما اتجاه المجال الكهربي فى نقطة ما ، هو اتجاه القوة التي تؤثر على الشحنة الموجبة الحرة الحركة الموضوعة فى

تلك النقطة ، وبناءً على ذلك فإن اتجاه القوة التي تؤثر على الشحنة السالبة فى نقطة ما فى المجال الكهربي يكون فى اتجاه معاكس لاتجاه شدة المجال الكهربي فى تلك النقطة .

$$\text{القوة الكهربية (ق)} = \frac{\text{م ك}_{١}\ \text{ك}_{٢}}{\text{ف}^{٢}}$$

يمكن التعويض عن (ق) فى العلاقة (١) وتحصل على العلاقة :

$$\text{مك} \quad \frac{\text{م ك}}{\text{ف}^{٢}} \qquad (٢)$$

حيث أن :

مك ≡ شدة المجال الكهربي

ك ≡ مقدار الشحنة الكهربية

ف ≡ المسافة بين الشحنة الكهربية والنقطة المراد تحديد شدة المجال الكهربي فيها

م ≡ ثابت كولوم .

مثال (١):

لوحان معدنيان متوازيان شدة المجال الكهربي فى أي نقطة بينهما $١٠^{٩}$ نيوتن / كولوم ما مقـــدار القوة التي تؤثر على إلكـــترون موجود في هذا المجـــال علمـــاً بأن شحـــنة الإلكترون -١,٦× $١٠^{-١٩}$ / كولوم .

الحل :

$$\text{Q مك} \quad \frac{\text{ق}}{\text{ك}}$$

حيث أن :

مك ≡ شدة المجال الكهربي

ق ≡ القوة الكهربية

ك ≡ مقدار الشحنة

∴ ق = مك . ك

= ١٠^{٩} × (- ١,٦ ×١٠$^{-١٩}$)

= - ١,٦ ×١٠$^{-١٠}$ نيوتن .

الإشارة السالبة تعني أن اتجاه القوة التي تـؤثر علـى الإلكتـرون فى اتجـاه معـاكس لاتجاه المجال الكهربي .

مثال (٢) :

شحنتان كهربيتان مقدار الأولى ٨ × ١٠$^{-١٢}$ كولوم ومقدار الثانية ١٢ × ١٠$^{-١٢}$ كولوم موضوعتان فى الفراغ والبعد بينهما ١٢ سم أحسب شدة المجال الكهـربي فى منتـصف المسافة بينهما علماً بأن ثابت كولوم يساوي ٩×١٠^{٩} نيوتن . متر^{٢} /كولوم ^{٢} .

الحل :

أ i   i   ب i

٨× ١$^{-١٢}$ كولوم   ١٢× ١٠$^{-١٢}$ كولوم

⟵ ٦ سم ⟶ ⟵ ٦ سم ⟶

أفرض أن مك$_{١}$ ≡ شدة المجال الكهربي المؤثر فى النقطة (أ) من الشحنة الأولى .

أفرض أن مك$_{٢}$ ≡ شدة المجال الكهربي المؤثر فى النقطة (أ) من الشحنة الثانية .

$$\text{Q مك} \quad \frac{\text{م ك}}{\text{ف}^{٢}}$$

حيث أن :

مك ≡ شدة المجال الكهربي

م ≡ ثابت كولوم

ك ≡ مقدار الشحنة

ف ≡ المسافة

$$\text{مك}_{١} = \frac{٩\times١٠^{٩}\times٨\times١٠^{-١٢}}{٦\times٦\times١٠^{-٤}} = \text{٢٠ نيوتن/ متر نحو اليسار}$$

$$\text{مك}_{٢} = \frac{٩\times١٠^{٩}\times١٢\times١٠^{-١٢}}{} = \text{٣٠ نيوتن/ كولوم نحو اليمين}$$

$٦ \times ٦ \times ١٠^{-٤}$

مك١ ، مك٢ فى اتجاهين متضادين

∴ مك الكلي = ٣٠-٢٠ = ١٠ نيوتن /كولوم نحو لليمين

مثال (٣) :

أعد حل المثال السابق بافتراض أن الشحنة الأولى سالبة .

الحل :

أ ‌i ‌ ‌ ‌ ‌ ‌ ‌ ‌ ‌ ‌ ‌ ‌ ‌ ‌ ‌ i ‌ ‌ ‌ ‌ ‌ ‌ ‌ ‌ ‌ ‌ ‌ ‌ ‌ ‌ ‌ ب i

٨×١^{-١٢} كولوم ‌ ‌ ‌ ‌ ‌ ‌ ‌ ‌ ‌ ‌ ‌ ‌ ١٢×١٠^{-١٢} كولوم

← ٦ سم → ← ٦ سم →

أفرض أن مك ١ ≡ شدة المجال الكهربي المؤثر فى النقطة (أ) من الشحنة الأولى .

أفرض أن مك ٢ ≡ شدة المجال الكهربي المؤثر فى النقطة (أ) من الشحنة الثانية .

$$\text{Q} \quad مك = \frac{م\ ك}{ف^{٢}}$$

حيث أن :

مك ≡ شدة المجال الكهربي

م ≡ ثابت كولوم

ك ≡ مقدار الشحنة

ف ≡ المسافة

$$مك_{١} = \frac{٩ \times ١٠^{٩} \times (-٨ \times ١٠^{-١٢})}{٦ \times ٦ \times ١٠^{-٤}} = -٢٠ \text{ نيوتن/ كولوم}$$

الإشارة السالبة تعني أن اتجاه المجال الكهربي نحو اليمين (تجاذب)

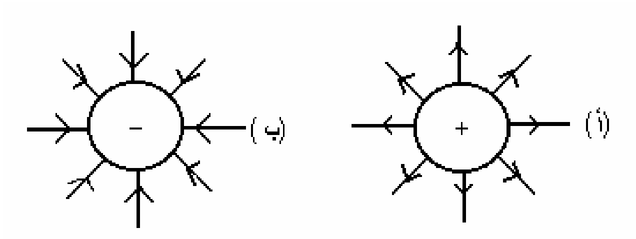
$$مك_{٢} = \frac{٩ \times ١٠^{٩} \times ١٢ \times ١٠^{-١٢}}{٦ \times ٦ \times ١٠^{-٤}} = ٣٠ \text{ نيوتن/ كولوم نحو اليمين أيضاً}$$

مك١ ، مك٢ فى انفس الاتجاه

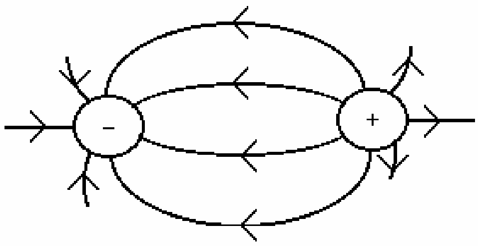
∴ مك الكلي = ٢٠ + ٣٠ = ٥٠ نيوتن /كولوم نحو لليمين

٣/ أشكال المجالات الكهربية :

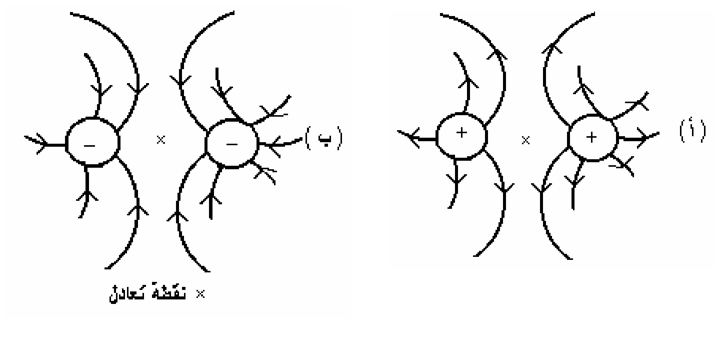
أ) المجال الكهربي حول شحنة كهربية منفردة :



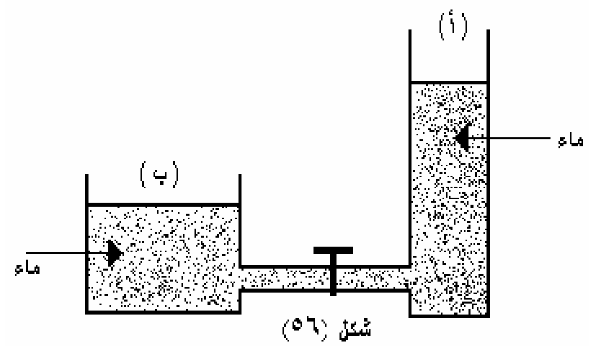
ب) المجال الكهربي بين شحنتين كهربيتين مختلفتين :



ج) المجال الكهربي بين شحنتين كهربيتين متشابهتين :



٤/ الجهد الكهربي :



شكل (٥٦)

يوضح الشكل (٥٦) إناءين (أ) ، (ب) بهما ماء وبينهما محبس مغلق ، فإذا تخيلت أننا فتحنا المحبس الذي يفصل بين الإناءين ففي أي اتجاه تتوقع أن يسري الماء ؟ وكما تعلم من خبرتك السابقة أن الماء يسري من منطقة الضغط العالي إلى الضغط المنخفض ، وعليه فإنك تتوقع أن يسري الماء من الإناء (أ) إلى الإناء (ب) ويستمر انتقال الماء من (أ) إلى (ب) حتى يتساوى الضغط بينهما ، وتحدث ظاهرة مشابهة إذا اتصل جسمان مختلفان فى درجة حرارتيهما ، فالحرارة تسري من الجسم ذي الدرجة الأعلى إلى الجسم ذي الدرجة الأقل بغض النظر عن كمية الحرارة فى كل منهما ، فهل هناك تشابه بين سريان الماء والحرارة من جهة وبين سريان الشحنات الكهربية من جهة أخرى ؟

يمكن أن يفسر انتقال الإلكترونات من الجسم أواليه تفسيراً يشبه عملية انتقال السوائل أو انتقال الحرارة فالسائل ينتقل إذا كان هناك اختلاف فى الضغط .. وكذلك الإلكترونات لا تنتقل إلا إذا كان هناك اختلاف فى الجهد . ومفهوم الجهد فى الكهربية الساكنة يشبه إلى حد كبير مفهوم الضغط فى السوائل وعلى هذا الأساس يمكن تحديد مفهوم الجهد الكهربي لجسم ما بأنه عبارة عن الحالة الكهربية التي تحدد انتقال الكهربية منه أو اليه إذا اتصل بالأرض أو بجسم آخر ، أو يمكن تعريف الجهد الكهربي فى نقطة ما بأنه مقدار الشغل المبذول لنقل وحدة الشحنة الكهربية (الكولوم) من ما لا نهاية إلى تلك النقطة .

٥/ فرق الجهد الكهربي بين نقطتين :

مما سبق وبشكل عام نستطيع أن نقول أن فرق الجهد الكهربي عبارة عن مقدار الشغل المبذول لنقل وحدة الشحنة الكهربية من إحدى النقطتين إلى الأخرى ، وبصورة رياضية يمكن التعبير عن فرق الجهد بالعلاقة :

فرق = الشغل (١)

الجهد **الشحـنـة**

Q الشغل = القوة × المسافة

فرق الجهد	=	$\frac{\text{القوة × المساحة}}{\text{الشحنة}}$

(٢)

\	$\frac{\text{القوة}}{\text{الشحنة}}$	=	**شدة المجال الكهربي (مك)**

(٣)

\ **فرق الجهد = مك .ف**

(٤)

حيث أن :

مك ≡ شدة المجال الكهربي

ف ≡ المسافة

Q القوة $\frac{\text{م ك}_1\text{ ك}_2}{\text{ف}^2}$

∴ بالتعويض عن القوة فى العلاقة (٢) ينتج :

Q فرق الجهد	$\frac{\text{م ك}}{\text{ف}}$

(٤)

حيث أن :

م ≡ ثابت كولوم

ك ≡ مقدار الشحنة الكهربية

ف ≡ المسافة

يقاس الجهد الكهربي وفرق الجهد الكهربي بالفولت . يعرف الفولت بأنه عبارة عن فرق الجهد بين نقطتين عندما يبذل شغل مقداره واحد جول لنقل شحنة كهربية مقدارها واحد كولوم من إحدى النقطتين للأخرى .

٦/ جهد الأرض :

كما اصطلح علماء الأرض على اتخاذ سطح مبدأً لقياس الارتفاع ودرجة حرارة انصهار الجليد مبدأ لقياس درجة الحرارة في ميزان الحرارة المئوي لذلك اتفق علماء الفيزياء على اعتبار جهد الأرض صفرا وعلى اتخاذه مبدأً لقياس الجهد الكهربي ومن ثم فالجهد الكهربي لأي جسم يقارن بالنسبة لجهد الأرض ، وحيث أن الجسم الذي درجة حرارته صفرا مئويا لا يعني أنه يخلو من الحرارة أو إن سطح البحر لا يعني أنه ليس له ارتفاع وبناءً على ذلك فإن اعتبار جهد الأرض صفرا لا يعني أن الأرض خالية من الشحنات الكهربية .

وكما أن مستوى سطح البحر لا ينقص أو يزيد نتيجة لتسرب كميات من الماء منه أو واليه وذلك لضخامة البحار والمحيطات وكذلك فإن جهد الأرض لا يتأثر بكميات الكهربية التي تتسرب من الأرض أو إليها ، لأنها تعد مستودعاً كبيرا للشحنات الكهربية .

ويعتبر جهد الجسم موجبا إذا كانت شحنته موجبة وسالبا إذا كانت شحنته سالبة

مثال :

أ i   i   ب i

$ك_1 = ٨ \times ١٠^{-٩}$ كولوم $ك_2 = -٣ \times ١٠^{-٩}$ كولوم

←—٦ سم—→←—٣ سم—→←—٦ سم—→

في الشكل أعلاه $ك_1$، $ك_2$ شحنتان مثبتتان على الأبعاد الموضحة . أحسب :

١/ الجهد الكهربي فى كل من (أ) ،(ب)
٢/ فرق الجهد أ ب
٣/ الشغل المبذول لنقل شحنة كهربية مقدارها ٤ × ١٠-٩ كولوم مـــن النقطـــة (أ) إلى (ب) .

الحل:

Q الجهد الكهربي فى كل من (أ) = المجموع الجبري للجهد الناتج من الشحنتين ك١ ، ك٢

$$\therefore \text{الجهد في (أ)} = \frac{\text{م ك}_{١}}{\text{ف}_{١}} + \frac{\text{م ك}_{٢}}{\text{ف}_{٢}}$$

$$= \frac{٩\times١٠^{٩}\times ٨ \times ١٠^{-٩}}{٦ \times ١٠^{-٢}} + \frac{٩\times١٠^{٩}\times (-٣ \times ١٠^{-٩})}{٣ \times ١٠^{-٢}}$$

= ١٢٠٠ - ٩٠٠ = ٣٠٠ فولت

$$\therefore \text{الجهد في (ب)} = \frac{\text{م ك}_{١}}{\text{ف}_{١}} + \frac{\text{م ك}_{٢}}{\text{ف}_{٢}}$$

$$= \frac{٩\times١٠^{٩}\times ٨ \times ١٠^{-٩}}{١٥ \times ١٠^{-٢}} + \frac{٩\times١٠^{٩}\times (-٣ \times ١٠^{-٩})}{٦ \times ١٠^{-٢}}$$

= ٤٨٠ - ٤٥٠ = ٣٠ فولت

٢/ فرق الجهد أ ب = الجهد فى (أ) - الجهد فى (ب)
= ٣٠٠ - ٣٠ = ٢٧٠ فولت

Q فرق الجهد $\frac{\text{الشغل}}{\text{الشحنة}}$

∴ الشغل = فرق الجهد × الشحنة
= ٢٧٠ × ٤ × ١٠$^{-٩}$ = ١٠٨ × ١٠$^{-٨}$ جول

الأسئلة والتمارين :

اعتبر ثابت كولوم = ٩ × ١٠^٩ نيوتن . متر ^٢ / كولوم^٢

١/ ما مقدار المجال الكهربي فى نقطة تبعد ٣٠ سنتمتراً من شحنة كهربية مقدارها ٥ × ١٠^-٨ كولوم ؟ .

٢/ شحنة كهربية موجبة مقدارها ٨×١٠^-٩ كولوم أحسب : شدة المجال الكهربي فى النقاط التي تبعد عنها ٢ ، ٥ ،١٠ سنتمتر .

٣/ شحنتان كهربيتان مقدار الأولى ٥ × ١٠^-٨ كولوم والثانية ٢٠×١٠^-٨ كولوم موضوعتان فى الهواء والبعد بينهما ١٠ سم ما هي شدة المجال الكهربي فى نقطة تقع فى منتصف المسافة بينهما ؟

٤/ أعد حل السؤال السابق بافتراض أن الشحنة الأولى سالبة .

٥/ شحنتان كهربيتان مقدار الأولى ١٠ كولوم ومقدار الثانية ٤٠ كولوم موضوعتان فى الهواء والبعد بينهما ٦٠ سم أين توجد النقطة التي تكون شدة المجال الكهربي فيها صفراً ؟.

٦/ أعد السؤال السابق بافتراض أن الشحنة الأولى سالبة .

٧/ هل يمكنك استنتاج مكان نقطة التعادل من حل المثالين السابقين ؟

٨/ كرة معدنية قطرها ٢٠ سم أعطيت شحنة كهربية مقدارها ٥ × ١٠^-٨ كولوم أحسب الجهد الكهربي فى نقطة :

أ/ تبعد ١٠٠ سم من مركز الكرة .

ب/ تقع على سطح الكرة .

٩/ لوحان معدنيان متوازيان فرق الجهد بينهما ٥٠٠ فولت والبعد بينهما ٢٠ سنتمتراً أحسب :

أ/ شدة المجال الكهربي بين اللوحتين .

ب/ مقدار القوة المؤثرة على شحنة مقدارها ١٢ × ١٠^-٩ كولوم ، أثناء مرورها بين اللوحتين.

بعض آثار التيار الكهربي

١/ الأثر المغناطيسي للتيار الكهربي :

نشاط :

- ضع إبرة مغناطيسية (بوصلة) وانتظر حتى تستقر في وضع توازنها ثم ضع فوقها سلكاً غليظاً من النحاس يكون جزءاً من دائرة كهربية .
- أغلق الدائرة الكهربية تشاهد انحراف البوصلة في اتجاه معين ، مما يدل على أن للتيار الكهربي أثراً مغناطيسياً ، وهذا يعني أن التيار الكهربي ينتج مجالاً مغناطيسياً في الحيز المحيط بالسلك .

يعتمد اتجاه المجال المغناطيسي على اتجاه التيار الكهربي في السلك وعلى موضع البوصلة بالنسبة للسلك (فوقه أم أسفل منه) .

٢/ تحديد اتجاه المجال المغناطيسي الناتج :

- يمكن معرفة اتجاه المجال المغناطيسي الناتج بتطبيق قاعدة الرجل السابح التي تنص على (تصور شخصاً يسبح في اتجاه التيار الكهربي ، متجهاً ببصره لموضع البوصلة ، وباسطاً الذراعين عندئذ تشير يده اليسرى إلى اتجاه انحراف البوصلة) .
- أو يمكن تطبيق قاعدة قبضة اليد اليمنى والتي تنص على : (تصور إنك تقبض السلك الذي يحمل التيار الكهربي بيدك اليمنى بحيث يشير إبهامك إلى اتجاه التيار فى السلك عندئذ تشير الأصابع الأربعة الباقية لاتجاه انحراف البوصلة) .

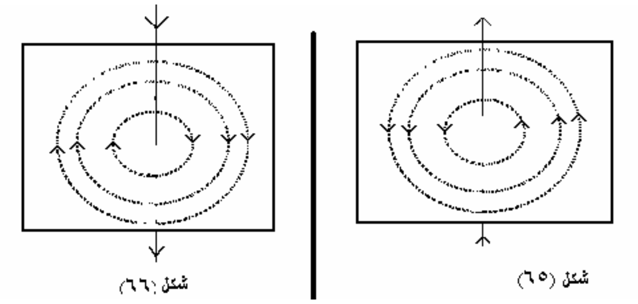
٣/ بعض أشكل المجالات المغناطيسية الناتجة من التيار الكهربي :

أ. المجال المغناطيسي حول سلك مستقيم .

ب. المجال المغناطيسي حول سلك دائري .

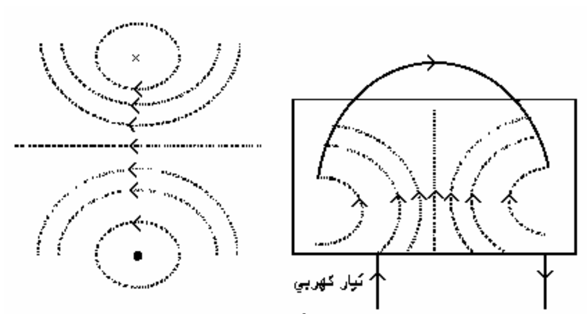
ج. المجال المغناطيسي حول ملف لولبي .

أ) المجال المغناطيسي حول سلك مستقيم يحمل تياراً كهربياً :



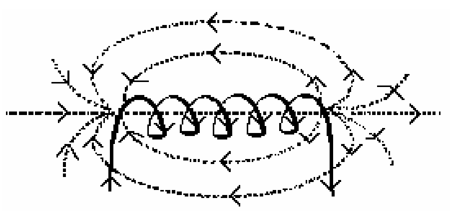
- q المجال المغناطيسي في شكل (٦٥) يعرف بالمجال المغناطيسي لتيار كهربي مقتـــرب مـــن القارئ ويرمز له عادة بالرمز (•) .
- q المجال في شكل (٦٦) يعرف بالمجال المغناطيسي لتيار كهربي مبتعد من القارئ ويرمز له عادة بالرمز (**V**) .

ب) المجال المغناطيسي حول سلك دائري يحمل تياراً كهربياً :



شكل (٦٧)

ج) المجال المغناطيسي حول ملف لولبي يحمل تياراً كهربياً :

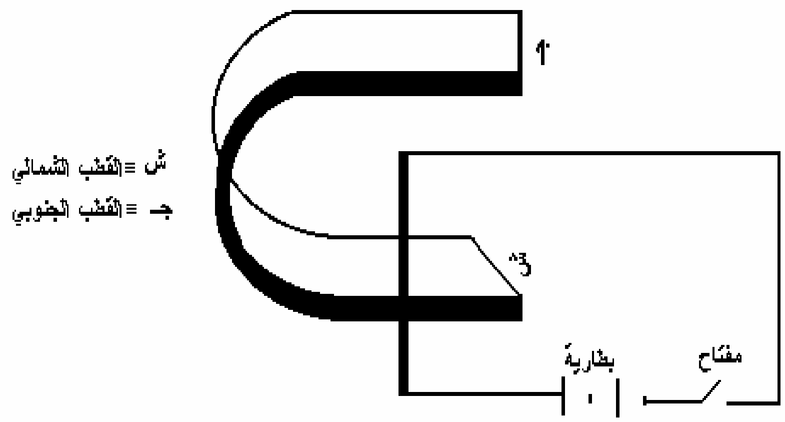

شكل (٦٨)

يلاحظ من شكل (٦٨) أن الملف اللولبي الذي يحمل تياراً كهربياً يعمل عمل المغناطيس أي له قطبان أحدهما شمالي والآخر جنوبي .

٥/ القوة الناتجة من تيار كهربي فى مجال مغناطيسي :

نشاط :

ضع سلكاً مستقيماً حر الحركة في مجال مغناطيسي منتظم كما في شكل (٦٩) ثم مرر في السلك تياراً كهربياً ، تلاحظ أن السلك يتحرك في اتجاه معين . ولو أبتعد المغناطيس من السلك الذي يحمل التيار الكهربي تنعدم حركة السلك ويظل ثابتاً في مكانه ، مما يدل على أن منشأ القوة هو المجال المغناطيسي . يعتمد اتجاه القوة الناتجة على اتجاه التيار الكهربي واتجاه المجال المغناطيسي الموضوع فيه السلك . فإذا انعكس كل منهما ينعكس اتجاه القوة .



شكل (٦٩)

٦) تحديد اتجاه القوة الناتجة عن تيار كهربي في مجال مغناطيس :

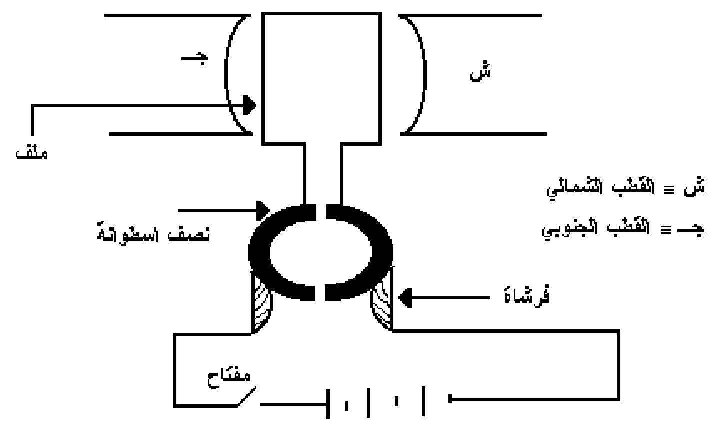
يمكن معرفة اتجاه القوة المذكورة بتطبيق قاعدة فلمنج (Fleming) لليد اليسرى التي تنص على (اجعل أصابع اليد اليسرى الإبهام والسبابة والوسطى بحيث تكون متعامدة مع بعضها . فإذا أشارت السابة لاتجاه المجال المغناطيسي والوسطى لاتجاه التيار عندئذ يشير الإبهام لاتجاه الحركة أي القوة) .

٦/ المحرك الكهربي :

أ) تعريفه وتركيبه :

هو جهاز يحول الطاقة الكهربية إلى طاقة حركية ، يتألف في أبسط صورة من الأجزاء الأساسية الآتية :

أ. مجال مغناطيسي قوي ودائم لقطبين مغناطيسيين مختلفين ومتقابلين .
ب. ملف معزول من النحاس حر الحركة .
ج. نصفي اسطوانة معدنية .
د. فحمتين (أو فرشتين) من نحاس أو كربون ، كما في شكل (٧٠) .



شكل (٧٠)

ب) فكرة عمل المحرك الكهربي :

عند مرور التيار الكهربي في الملف يتكون حوله مجال مغناطيسي يتفاعل مع المجال المغناطيسي الدائم فتنشأ قوة تحرك الملف في اتجاه معين يمكن معرفته بتطبيق قاعدة فلمنج (Fleming) لليد اليسرى . وفى أثناء حركة الملف تتبادل الفرشتان نصفي الاسطوانة المعدنية فينعكس اتجاه التيار الكهربي مع انعكاس اتجاه الحركة ليظل الملف خاضعاً لقوة مغناطيسية تديره باستمرار في جهة واحدة (أي لتظل حركة الملف دورانية في اتجاه واحد باستمرار) .

٧/ الطاقة الكهربية :

لعلك تذكر من دروسك السابقة أن فرق الجهد الكهربي بين طرفي موصل يُعرّف بأنه مقدار الشغل المبذول لنقل وحدة الشحنة الموجبة من أحد طرفي الموصل إلى الطرف الآخر .

فإذا فرضنا مرور شحنة كهربية مقدارها ك كولوم بين طرفي موصل فرق جهده جـــ فولت فإن :

الشغل = ك × جـــ

وحيث أن الشغل المبذول يساوي الطاقة الكهربية (ط) التي تستهلك فى السلك نتيجة لمرور التيار الكهربي فيه فإن :

الطاقة = ك × جـــ

Q ك = ت × ز

\ ط = ت × جـــ × ز	**(١)**

Q جـــ = ت م

\ ط = ت^{٢} × م × ز	**(٢)**

Q ت = $\frac{\text{جـــ}}{\text{م}}$

\ ط = $\frac{\text{جـــ}^{٢} \times \text{ز}}{\text{م}}$	**(٣)**

في العلاقات ١ ، ٢ ، ٣ :

ط ≡ الطاقة الكهربية .

ت ≡ شدة التيار الكهربي .

م ≡ مقاومة الموصل .

جـ ≡ فرق الجهد الكهربي .

ز ≡ زمن مرور التيار الكهربي

تقاس الطاقة الكهربية بالجول .

∵ ط = جـ × ت × ز

∴ ١ جول = ١ فولت × ١ أمبير × ١ ثانية .

ومن ذلك يمكن تعريف الجول بأنه مقدار الشغل المبذول عند مرور تيار شدته واحد أمبير في موصل فرق الجهد بين طرفيه واحد فولت في زمن مقداره واحد ثانية .

٨/ القدرة الكهربية :

أ) تعريف القدرة الكهربية :

يمكن تعريف القدرة الكهربية لمصدر كهربي بأنها مقدار الشغل الذي يبذله في الثانية . أو يمكن تعريفها بأنها مقدار الطاقة الكهربية المستمدة من المصدر الكهربي في الثانية .

∵ ط = ت × جـ × ز

∴ القدرة الكهربي = ت × جـ × ١

∴ القدرة الكهربي = ت × جـ

∵ جـ = ت × م

\ **القدرة الكهربي = ت٢ × م**

$$Q \text{ ت } = \frac{\text{جـ}}{\text{م}}$$

\ **القدرة الكهربي =** $\frac{\text{جـ}^{٢}}{\text{م}}$

حيث أن :

ط ≡ الطاقة الكهربية .

ت ≡ شدة التيار الكهربي .

جـ ≡ فرق الجهد الكهربي .

م ≡ المقاومة الكهربية .

ز ≡ زمن مرور التيار الكهربي .

ب) وحدات قياس القدرة الكهربية :

(١) الواط : وهو قدرة الآلة الكهربية التي تبذل شغلاً بمعدل واحد جول فى الثانية .

(٢) الكيلو واط : وهو قدرة الآلة الكهربية التي تبذل شغلاً بمعدل ١٠٠٠ جول في الثانية .

(٣) الحصان البخاري :

١ حصان بخاري = ٧٣٥ واط

١ واط = ١ جول / ١ ثانية

ج) الوحدات التجارية للطاقة الكهربية :

(١) الواط . ساعة : هو مقدار الطاقة الكهربية التي يستهلكها جهاز كهربي قدرته واحد واط في زمن قدره ساعة .

$$\text{١ واط . ساعة} = \frac{\text{١ جول}}{\text{١ ثانية}} \times \text{٦٠} \times \text{٦٠ ثانية} = \text{٣٦٠٠ جول}$$

(٢) الكيلو واط . ساعة : هو مقدار الطاقة الكهربي التي يستهلكها جهاز كهربي قدرته كيلو واط فى زمن قدره ساعة

الكيلو واط . ساعة = ١٠٠٠ واط . ساعة = ٣٦٠٠٠٠٠ جول .

٩/ العلاقة بين الطاقة الكهربية والطاقة الحرارية :

من المعلوم أن مرور التيار الكهربي في سلك مقاومته كبيرة يولد فى السلك كمية من الحرارة ولعل سبب ذلك هو اصطدام الإلكترونات (التي تمثل التيار الكهربي) بجزئيات الموصل مما يؤدي إلى حدوث احتكاك يولد الحرارة في السلك .

كمية الحرارة المتولدة في سلك عندما يمر فيه تيار كهربي تتوقف على :

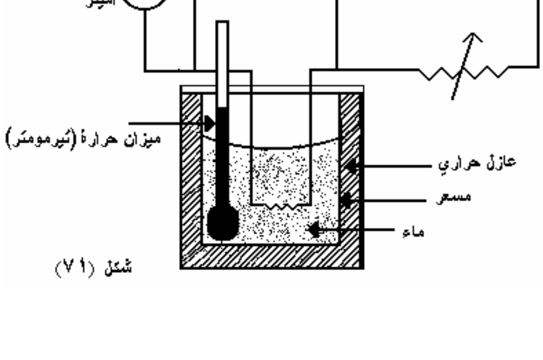
١) مقاومة السلك (م) .

٢) شدة التيار الكهربي المار فيه (ت) .

٣) الزمن الذي يسري فيه التيار الكهربي (ز) .

لإيجاد العلاقة بين كمية الحرارة المتولدة في السلك والعوامل المذكورة أعلاه نستخدم الدائرة الكهربية في شكل (٧١) .

وجد من التجربة العملية أن كمية الحرارة المتولدة (ح) تتناسب تناسباً طردياً مع مقاومة الوصل (م)



شكل (٧١)

ومربع شدة التيار الكهربي (ت) وزمن مرور التيار الكهربي (ز) .

أو يمكن التعبير عن ذلك بصيغة رياضية على هذا النحو :

ح µ م ت^{٢} ز

ح × مقدار ثابت = م ت٢ ز

المقدار الثابت يعرف بمكافئ جول أو المكافئ الميكانيكي للحرارة ويرمز بالرمز (ي) ، ومقداره ٤,١٨ أما وحدات قياسه فهي جول لكل سعر .

\ ح × ي = م × ت^{٢} × ز

Q جـــ = ت م

\ ح × ي = جـــ × ت ×ز

Q ت = جـــ / م

\ ح × ي = جـــ^{٢} × ز / م

حيث أن :

ح ≡ كمية الحرارة .

ي ≡ المكافئ الميكانيكي للحرارة ويساوي ٤,١٨ جول / سعر .

ت ≡ شدة التيار الكهربي .

جـ ≡ فرق الجهد الكهربي .

م ≡ المقاومة .

ز ≡ زمن مرور التيار الكهربي .

١٠/ نقل الطاقة الكهربية :

تنتقل الطاقة الكهربي من مكان توليدها إلى أماكن استهلاكها في صورة تيار كهربي منخفض وفرق جهد عال ، لأن هذه الطريقة تقلل من كمية الطاقة الكهربية المفقودة في شكل حرارة أثناء عملية النقل . وبناءً على ذلك توجد بمحطات توليد الطاقة الكهربية محولات كهربية رافعة للجهد الكهربي كما توجد محولات كهربية خافضة في أماكن الاستهلاك .

أمثلـــة :

مثال (١) :

مصباح كهربي مكتوب علية (٦٠ واط – ٢٢٠ فولت)

أ) ما معنى هذه العبارة ؟

ب) ماذا يحدث إذا عمل المصباح على فرق جهد أكبر من ٢٢٠ فولت ؟

ج) وماذا يحدث إذا عمل المصباح على فرق جهد أقل من ٢٢٠ فولت ؟

الإجابة :

أ) العبارة تعني أن المصباح يستهلك مقداراً من الطاقة الكهربية مقداره ٦٠ جولاً فى كل ثانية عندما يكون فرق الجهد بين طرفيه ٢٢٠ فولت .

ب) إذا عمل المصباح على فرق جهد أكبر من ٢٢٠ فولت فإنه يتلف .

ج) وإذا عمل على فرق جهد أقل من ٢٢٠ فولت فإنه لا يعمل كما ينبغي أي تكون إضاءته ضعيفة .

مثال (٢) :

جهاز كهربي قدرته ٨٠ واط يعمل على فرق جهد مقداره ٢٠٠ فولت . إذا عمل الجهاز لمدة ١٠ ساعات أحسب :

أ) مقاومة الجهاز .

ب) مقدار الطاقة الكهربية المستهلكة بالجول وبالكيلو واط . ساعة .

ج) تكاليف تشغيل الجهاز إذا كان سعر الكيلو واط . ساعة ٥ دينارات .

الحل :

أ) ∵ القدرة الكهربية = $\frac{\text{جـ}^2}{\text{م}}$

حيث أن :

جـ ≡ فرق الجهد .

م ≡ المقاومة .

∴ ٨٠ = $\frac{٢٠٠ \times ٢٠٠}{\text{م}}$

∴ مقاومة الجهاز = $\frac{٢٠٠ \times ٢٠٠}{٨٠}$ = ٥٠٠ أوم .

ب) ∵ الطاقة الكهربية = القدرة × الزمن

∴ الطاقة الكهربية بالجول = ٨٠ × ١٠ × ٦٠ × ٦٠

= ٢٨٨٠٠٠٠ جول

∴ الطاقة الكهربية بالكيلو واط . ساعة = ٨٠ × ١٠

١٠٠٠

= ٠,٨ كيلو واط . ساعة

ج) التكاليف = ٠,٨ × ٥ = ٤ دينارات .

مثال (٣) :

مسعر مكافئه المائي ٨ جرام به ١١٢ جرام من الماء فى درجة حرارة ٢٠ درجة مئوية . إذا غُمر في هذا المسعر سلك مقاومة فرق الجهد بين طرفيه ٤٠ فولت وشدة التيار الكهربي المار فيه ٢,١ أمبير أحسب درجة حرارة الماء بعد ٥ دقائق (علماً بأن ١ سعر = ٤,٢ جول) .

الحل :

أفرض التغيير في درجة الحرارة = Δ د درجة .

كمية الحرارة المكتسبة بواسطة المسعر = المكافئ المائي × التغيير في درجة الحرارة

= ٨ Δد سعر

كمية الحرارة المكتسبة بواسطة الماء = كتلة الماء × الحرارة النوعية × التغيير فى درجة الحرارة

= ١١٢ × ١ × Δد

كمية الحرارة المكتسبة الكلية = ١١٢ Δ د + ٨ Δد = ١٢٠ Δ سعر

كمية الحرارة المكتسبة الكلية بالجول = ١٢٠ × ٤,٢ ×Δد جول

Q الطاقة الكهربية المستهلكة = التيار × فرق الجهد × الزمن

= ٢,١ × ٤٠ × ٥ × ٦٠ جول

Q الطاقة الكهربية بالجول = الطاقة الحرارية بالجول

∴ ٢,١ × ٤٠ × ٥ × ٦٠ = ١٢٠ × ٤,٢ ×Δد

∴ Δد = $\frac{٢,١ \times ٤٠ \times ٥ \times ٦٠}{٤,٢ \times ١٢٠}$ = ٥٠ درجة

∴ التغيير في درجة الحـــــرارة = ٥٠ درجة مئوية

∴ درجة الحرارة النهائية للمـــاء = ٢٠ + ٥٠ = ٧٠ درجة مئوية

التمارين :

١/ سخان كهربي قدرته ١٢١ واط يعمل على فرق جهد مقداره ٢٢٠ فولت ، إذا عمل لمدة ٨ ساعات أحسب :

أ) مقاومة السخان .

ب) مقدار الطاقة الكهربية التي يستهلكها بالجول وبالكيلو واط . ساعة .

٢/ موقد كهربي مكتوب عليه (٢٠٠ فولت – ٥٠٠ واط) يعمل كما ينبغي لتسخين ٢ كيلو جرام من الماء في درجة حرارة ٢٠ درجة مئوية إلى درجة الغليان (١٠٠ درجة مئوية) أحسب .

أ) مقاومة الموقد الكهربي .

ب) كمية الحرارة المطلوبة .

ج) الزمن اللازم لذلك . (علماً بأن ١ سعر = ٤,٢ جول) .

٣/ سلك مقاومته ٥,٦ أوم غُمر في ٤٠٠ جرام من الماء وعندما مرّ تيار كهربي ارتفعت حرارة الماء ١٠ درجات مئوية خلال دقيقتين . أحسب شدة التيار الكهربي (أهمل السعة الحرارية للإناء الموضوع فيه الماء) علماً بأن ١ سعر = ٤,٢ جول .

٤/ في تجربة لتعيين المكافئ الميكانيكي للحرارة تم الحصول على النتائج الآتية :

كتلـــــــة المسعـــــــر	= ٨٠ جرام .
درجة حرارة المسعر والماء الابتدائية	= ١٥ درجة مئوية
كتلة المــــاء الموجــود بالمسعــر	= ٣٠ جرام
الحـــرارة النوعـــية للنحـــــاس	= ٠,١ سعر / جرام / درجة مئوية
الحـــرارة النوعـــية للمـــــــاء	= ١ سعر / جرام / درجة مئوية .

درجة حرارة الماء والمسعر النهائية	= ٣٥ درجة مئوية .
شـــدة التيار الكهـــربي المـــار	= ١,٥ أمبير
فرق الجهد المستخدم في التجربة	= ١,٨ فولت
زمن مـــرور التيار الكهـــــربي	= ٢٠ دقيقة

من النتائج أعلاه أحسب قيمة المكافئ الميكانيكي للحرارة .

١٢-٣: الوحدة الثالثة

١/ تمهيد :

منذ أن تفتحت عينا الإنسان أدرك ما لضوء الشمس من أهمية بالغة ، ومع بزوغ فجر الحضارة القديمة بدأ الإنسان عدة محاولات للتعرف على طبيعة الضوء وتفسير بعض ظواهره ، ولعل المتتبع لتاريخ محاولات فهم طبيعة الضوء يلاحظ الطريقة التي تتطور بها النظريات العلمية، وعلى سبيل المثال كان الاعتقاد السائد عن كيفية رؤية العين للأشياء أن العين تصدر ضوءاً يسقط على الأجسام وبذلك تتم الرؤية ، وجاء العالم العربي (الحسن بن الهيثم) وصحح هذا الاعتقاد بل وأكد أن الضوء يصدر من الأجسام المضيئة ويسقط على المرئيات التي تعكسه لتراها العين وبالإضافة إلى ذلك قام الحسن بن الهيثم بأبحاث كثيرة في علم الضوء تميزت بالتجربة ودقة الملاحظة ، وكان كتابه (المناظر) مرجعاً فريداً لقرون عديدة ثم جاء نيوتن ووضع نظرية تبحث في كنه الضوء وطبيعته تعرف بنظرية الدقائق (الجسيمات) ، كما وضع العالم (هايجتز) نظرية أخرى تعرف بالنظرية الموجية في نفس الوقت الذي وضع فيه نيوتن نظريته .

ثم جاء انشتين وقام بتوحيد النظريتين السابقتين إحداهما مع الأخرى ، وذلك بأن ربط الجسيمات بحركة موجية مصاحبة لها الأمر الذي يجعل الضوء ذا طبيعة مزدوجة فهو أحياناً يتصف بالجسيمية وأحياناً أخرى يتصف بالموجية .

٢/ نظرية الدقائق لنيوتن :

تنص النظرية على أن (الضوء يتكون من دقائق مادية متناهية في الصغر تنبعث من الجسم المضيء وتنتشر في خطوط مستقيمة وبسرعة كبيرة) .

وقد استطاعت نظرية الدقائق أن تقدم تفسيراً مقبولاً لظواهر انعكاس الضوء وانتشاره في خطوط مستقيمة إلا أنها عجزت عن تفسير ظاهرتي التداخل والحيود فضلاً عن أن تفسيرها لظاهرة انكسار الضوء يتطلب أن تكون سرعة الضوء في الأوساط الشفافة مثل الماء والزجاج أكبر من سرعته في الهواء وهذا ما يعارض النتائج التجريبية التي أجريت لقياس سرعة الضوء .

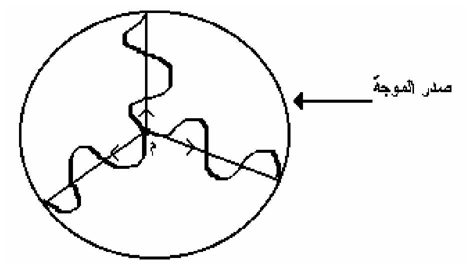
المقصود بالتداخل هي الظاهرة الموجية التي تنشأ من تراكب حركتين موجبتين تنتج عنها تقوية في شدة الضوء في بعض المواضع وانعدام في الشدة بعض في المواضع الأخرى .

أما المقصود بالحيود فهو ظاهرة موجية أخرى تحدث من تراكب الموجات فتجعلها تحيد (تميل) من الاتجاه الذي كانت عليه قبل حدوث الظاهرة .

٣/ نص نظرية الموجية لـهايجنز :

تنص على أن (الضوء عبارة عن طاقة تنتقل من مكان لآخر بواسطة موجات تحدثها هذه الطاقة في وسط شفاف يفصل بين مصدر الضوء والعين يعرف بالأثير) .

ولبيان كيفية انتشار موجات الضوء نفرض مصدراً ضوئياً على هيئة نقطة (م) يبعث موجاته في وسط ضوئي كـــالهواء مثلاً ، هذه الموجات تنتـــشر في جميـــع الاتجاهات بسرعة واحدة وبعد زمن معين نجد هذه الموجات قد وصلت إلى سطح كـــرة مركزها المـــصدر الـــضوئي (م) شكـــل (٧٢) ، يطلق على سطح الكرة اسم (صدر الموجة) والخط المستقيم الذي يدل على انتشار الموجة يعرف باســـم (الـــشعاع الضوئي) ومن الواضح أن الأشعة الضوئية تكون عمودية على صدر الموجة مما يدل علـــى أن النظرية الموجية تعتبر الضـــوء سلســـلة من الموجـــات جبهاتها عمـــودية علـــى مـــسارات انتشار الأشعة الضوئية.



شكل (٧٢)

بالرغم من نجاح النظرية الموجية في تفسير الظواهر التي عجزت عن تفـــسيرها نظريـــة الدقائق إلا أنها عجزت هي الأخرى عن تفسير ما يعرف (بالظاهرة الكهروضـــوئية) وهـــى ظاهرة انبعاث الإلكترونات (وهي جسيمات) من سطح بعض الفلزات عندما تسقط عليها الأشعة الضوئية .

٤/ نص النظرية الحديثة لآنشتين :

تنص النظـــرية الحديثة على أن (الضوء عبارة عن كمّات ذات طاقة محددة مقدارها (هـــ د) تعرف بالفوتونات . هذه الفوتونات في حركتها تأخذ مسار الشعاع الذي تحدده الحركة الموجية).

هـــ ≡ مقدار ثابت يعرف بثابت بلانك (Planck Constant) .

د ≡ التردد وهو عبارة عن عدد الموجات الكاملة التي يحدثها الجسم في الثانية الواحدة .

ويتضح من نص النظرية الحديثة أن آنشتين افترض أن الضوء عبارة عن جسيمات كـــل منها له طاقة محددة وكتلة محددة مرتبطة بسرعة الضوء ، وطبقاً لهـــذا التـــصور لا تؤخـــذ الفوتونات إلا وهي متحركة بسرعة واحدة وهى سرعة الضوء وإذا توقفت عـــن الحركـــة تلاشت كتلتها وتحولت إلى طاقة يمتصها الجسم الذي أوقف حركة الفوتون .

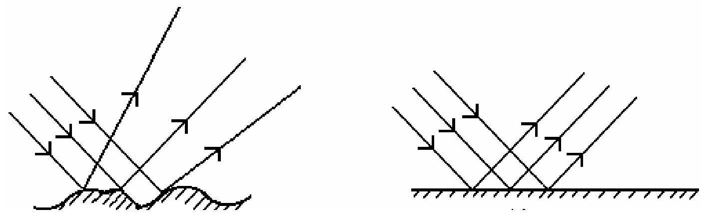
٥/ انعكاس الضوء على السطوح المستوية :

لعلك تذكر من المبحث السابق أن رؤية العين للأجسام تتم عندما تعكس تلك الأجسام الضوء الساقط عليها ، أي أن تلك الأجسام تغيّر من اتجاه انتشار الضوء ، وتغيير اتجاه الشعاع الضوئي بتلك الصورة يعرف اصطلاحاً بانعكاس الضوء ، وبناءً على ذلك يمكن تعريف انعكاس الضوء بأنه تغيير اتجاه الشعاع الضوئي عندما يصطدم بسطح عاكس . يمكن تصنيف انعكاس إلى نوعين :

١. انعكاس منتظم .
٢. انعكاس غير منتظم .

من المشاهدات اليومية يمكن ملاحظة أن بعض الأجسام خاصة اللامعة أو المصقولة (الأجسام الملساء) تعكس الضوء بنسبة كبيرة جداً وفى اتجاه واحد محدد ومن أمثلة هذه الأجسام المرايا بأنواعها المختلفة ، هذا النوع من الانعكاس يعرف بالانعكاس المنتظم . أما الأجسام الأخرى غير الملساء أو غير المصقولة (الأجسام الخشنة) مثل الأشجار والمنازل والأشخاص فإنها تعكس الضوء بنسبة قليلة وفى عدة اتجاهات هذا النوع من الانعكاس يعرف بالانعكاس غير المنتظم .

ويتضح مما سبق أن الانعكاس المنتظم يحدث عندما تسقط الأشعة الضوئية على سطح عاكس أملس وفى اتجاه محدد ولذا فهو يساعد على الرؤية من جهة واحد ، أما الانعكاس غير المنتظم فإنه يحدث عندما تسقط الأشعة الضوئية على سطح عاكس خشن وفى عدة اتجاهات ولذلك يساعد على الرؤية من جهات متعددة والشكل (٧٣) يوضح الفرق بين الانعكاسيين .

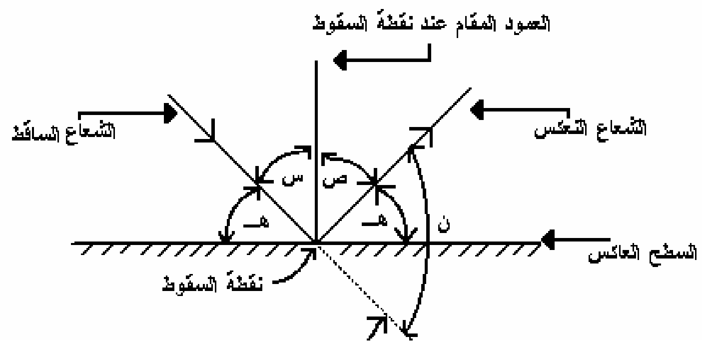


شكل (٧٣)

٦) مصطلحات خاصة بالانعكاس :

١ - السطح العاكس
٢ - الشعاع الساقط .
٣ - امتداد الشعاع الساقط
٤ - الشعاع المنعكس .
٥ - العمود المقام عند نقطة السقوط
٦ -زاوية السقوط (س) .
٧ - زاوية الانعكاس (ص)
٨ - زاوية الأبصار (أو زاوية الرؤية) (هــ) .
٩ - زاوية الانحراف (ن) .

انظر الشكل (٧٤) الذي يوضح هذه المصطلحات .



شكل (٧٤)

٧/ تعريفات :

١. **زاوية السقوط** : هي الزاوية المحصورة بين الشعاع الساقط والعمود المقام عند نقطة السقوط .
٢. **زاوية الانعكاس** : هي الزاوية المحصورة بين الشعاع المنعكس والعمود المقام عند نقطة السقوط .
٣. **زاوية الإبصار** : هي الزاوية المحصورة بين الشعاع الساقط (أو الشعاع المنعكس) والسطح العاكس .
٤. **زاوية الانحراف** : هي الزاوية المحصورة بين امتداد الشعاع الساقط والشعاع المنعكس (أو المنكسر) .
٥. **الصورة الحقيقة** : هي التي تتكون نتيجة لالتقاء أشعة حقيقية ولذلك يمكن استقبالها على حائل (شاشة) .
٦. **الصورة الخالية** : (التقديرية) هي التي تتكون نتيجة لالتقاء امتدادات الأشعة ولذلك لا يمكن استقبالها على حائل .

٨/ قانونا انعكاس الضوء :

١/ زاوية السقوط تساوي زاوية الانعكاس .

٢/ الشعاع الساقط والشعاع المنعكس والعمود المقام عند نقطة السقوط تقع جميعها في مستوى واحد يتعامد مع السطح العاكس .

تجربة لإثبات قانوني انعكاس الضوء :

الأدوات المطلوبة : مرآة مستوية ، دبابيس ، ورقة بيضاء .

طريقة التجربة :

١. أرسم خطاً مستقيماً في وسط الورقة ثم ضع المرآة على الورقة بحيث تتعامد مع الورقة وتكون حافتها مطابقة للخط المستقيم .
٢. ثبت دبوسين (أ) ، (ب) أمام المرآة بحيث يكون الخط الذي يصل بين مكانيهما مائلاً على المرآة . أنظر شكل (٧٥) .
٣. ثبت دبوسين آخرين (ج) ، (د) بحيث يكونان على استقامة واحدة مع صورتي (أ) ، (ب) .
٤. أبعد المرآة وصل مكان كل دبوسين بمستقيم . (المستقيم أ ب يمثل الشعاع الساقط ، والمستقيم ج د يمثل الشعاع المنعكس) .
٥. مد كلاً من (أ ب) ، (ج د) ليلتقيا عن السطح العاكس في نقطة السقوط .
٦. أقم خطاً عمودياً عند نقطة السقوط ثم قس كلاً من زاويتي السقوط والانعكاس .
٧. كرر العمل السابق عدة مرات .

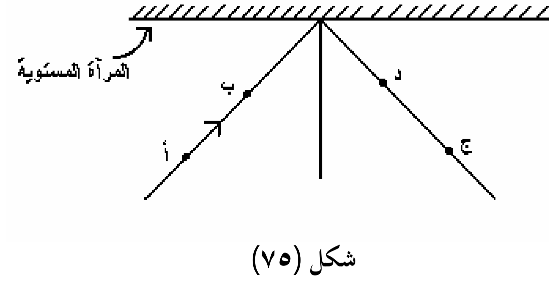
المشاهدة :

من الخطوات أعلاه يمكن ملاحظة الآتي :

١/ زاوية السقوط تساوي زاوية الانعكاس .

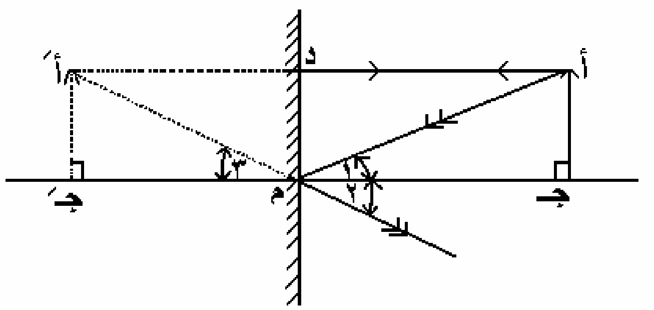
٢/ المستقيم الذي يمثل الشعاع الساقط والمستقيم الذي يمثل الشعاع المنعكس والخط العمودي كلها رسمت على سطح الورقة (مستوى واحد) عمودي على المرآة (السطح العاكس) .

الاستنتاج : قانونا انعكاس الضوء صحيحان .



شكل (٧٥)

٩/ صفات وخواص الصورة المتكونة بواسطة المرآة المستوية :



شكل (٧٦)

إذا وقفت أمام مرآة مستوية لإصلاح شأنك ، ترى صورة لنفسك خلف المرآة ، ولتحديد موضع وصفات هذه الصفات يمكن الاستعانة بالشكل (٧٦).

في الشكل (٧٦) :

١ = ٢ زاويتا سقوط وانعكاس .

٢ = ٣ تقابل بالرأس .

١ = ٣ استنتاج .

- أ جـ يمثل ارتفاع الجسم ، اَ جـَ يمثل ارتفاع الصورة .
- جـ م يمثل بعد الجسم ، جـَ م يمثل بعد الصورة .
- النقطة أ تمثل أعلى الجسم ، النقطة اَ تمثل أعلى الصورة .

ومن الشكل (١-٥) أيضاً :

- المثلثان أ جـ م ، أ د م متطابقان .
- المثلثان اَ جـَ م ، اَ د م متطابقان .

ومن ذلك يمكن استنتاج أن المثلثين اَ جـَ م ، أ جـ م متطابقان ، ومن تطابقهما يمكن استنتاج الصفات الآتية للصورة :

- الصورة خلف السطح العاكس فهي خيالية (تقديرية) .
- وضع أ جـ يماثل وضع اَ جـَ فالصورة معتدلة .
- جـ م = جـَ م هذا يعني بعد الصورة يساوي بعد الجسم .
- اَ جـَ = أ جـ هذا يعني طول الصورة يساوي طول الجسم .
- المستقيم ا اَ يتعامد مع المرآة وهذا يعني أن المستقيم الذي يصل مكان الصورة بمكان الجسم يتعامد مع السطح العاكس .

١٠/ تعدد صور الجسم الموضوع بين مرآتين مستويتين :

وجد من التجربة إنه إذا وضع جسم بين مرآتين مستويتين بينهما زاوية تتكون لهذا الجسم عدداً من الصور نتيجة لتعدد الانعكاسات من مرآة لأخرى ، ومن نتائج تلك التجارب تم الوصول إلى قانون يمكن تطبيقه لإيجاد عدد الصور وهو ينص على :

$$\text{عدد الصور} = \frac{٣٦٠}{\text{س}} - ١$$

حيث أن س الزاوية المحصورة بين المرآتين المستويتين .

ومن الملاحظات الهامة التي يجب مراعاتها عند تطبيق القانون أعلاه الآتي :

إذا كانت (٣٦٠) لا تقبل القسمة على (س) عندئذ يُجبر الكسر مهما كان صغيراً ولا نطرح الواحد الصحيح ولتوضيح ذلك تابع حل المثال الآتي :

مثال :

وضع جسم بين مرآتين مستويتين بينهما زاوية مقدارها ٧٠ درجة احسب عدد الصور المتكونة لذلك الجسم .

الحل :

$$\text{عدد الصور} = \frac{٣٦٠}{\text{س}} - ١$$

$$= \frac{٣٦٠}{٧٠} - ١$$

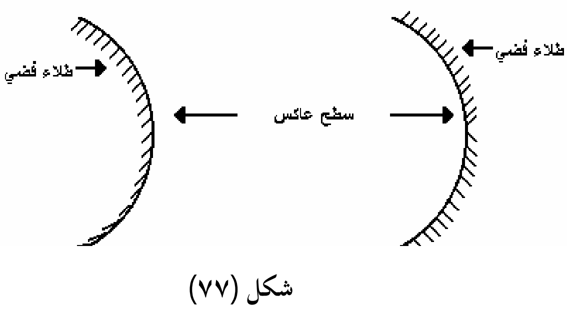
$$= ٥,١ - ١$$

٣٦٠ لا تقبل القسمة على ٧٠ ، نجبر الكسر ولا نطرح الواحد الصحيح

عدد الصور = ٦ صورة .

١١/ انعكاس الضوء على السطوح المنحنية (المرآيا الكرية) :

المرآة الكرية هي جزء من كرة جوفاء طُلي أحد سطحيها بالفضة فأصبح السطح الآخر



شكل (٧٧)

عاكســاً للضـــوء والـــمرآة الكرية نوعان:

١. مرآة مقعرة (مرآة لامة) .
٢. مرآة محدبة (مرآة مفرقة) .

ولتوضيح الفرق بين المرآتين انظر الشكل (٧٧) .

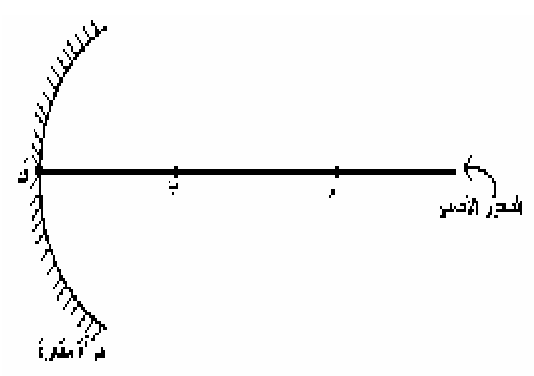
١٢/ مصطلحات خاصة بالمرآة الكرية :

١. قطب المرآة (ق) هي نقطة في منتصف المرآة .
٢. مركز تكور المرآة (م) هو مركز الكرة التي كانت المرآة جزءاً منها .
٣. المحور الأصلي هو المستقيم الواصل (بامتدادته) بين مركز تكور المرآة وقطبها .
٤. البؤرة الأصلية (ب) هي نقطة التي تتجمع فيها الأشعة المنعكسة (أو امتدادهما) التي سقطت متوازية وموازية للمحور الأصلي وقريبة منه .

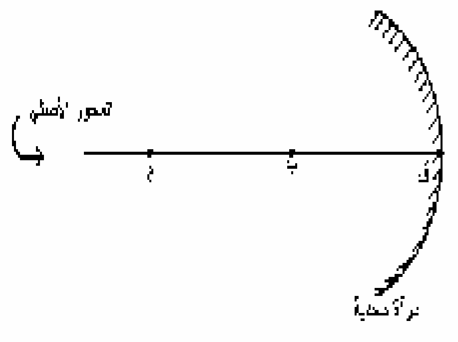
هذا التعريف يشمل البؤرة الأصلية لكل من المرآة المقعرة والمحدبة . هل باستطاعتك استنتاج تعريف البؤرة الأصلية للمرآة المحدبة والمقعرة كلاً على حده ؟

- البؤرة الثانوية هي النقطة التي تتجمع فيها الأشعة المنعكسة (أو امتدادهما) التي سقطت متوازية وغير موازية للمحور الأصلي .
- البعد البؤري (ع) هو المسافة بين قطب المرآة وبؤرتها الأصلية .
- نصف قطر التكور (نق) هو المسافة بين قطب المرآة ومركز تكورها .

انظر الشكلين (٧٨) ، (٧٩) اللذين يوضحين هذه المصطلحات .



شكل (٧٨)

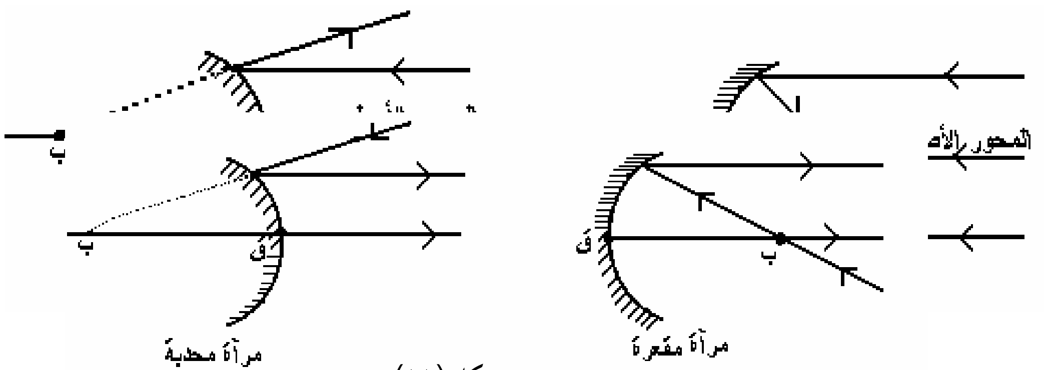


شكل (٧٩)

في الشكلين أعلاه : ق : قطب المرآة ، ب : البؤرة الأصلية ، م مركز التكور .

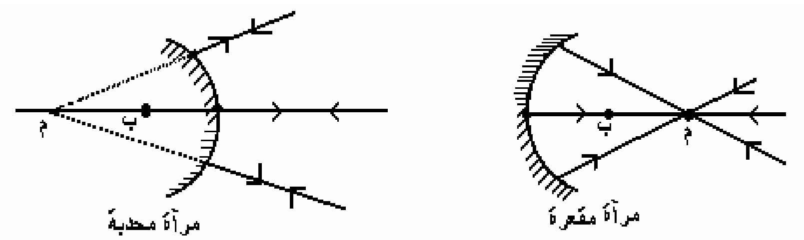
١٣/ بعض الأشعة الضوئية الهامة (أشعة ذات خواص ثابتة) :

- الشعاع الساقط موازياً للمحور الأصلي ينعكس (هو أو امتداده) ماراً بالبؤرة الأصلية كما في الشكل (٨٠) .



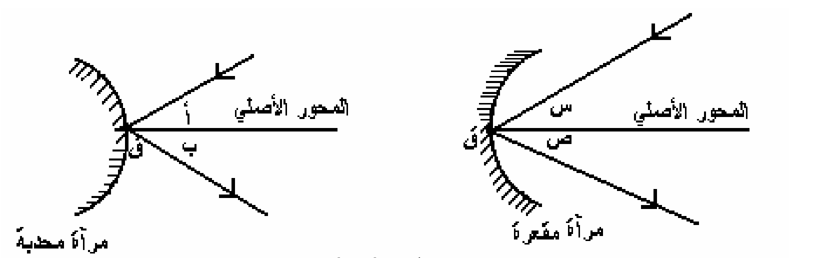
شكل (٨١)
شكل (٨٠)

- الشعاع الساقط ماراً بالبؤرة الأصلية (هو أو امتداده) ينعكس موازياً للمحور الأصلي كما في الشكل (٨١) .
- الشعاع الساقط ماراً بمركز التكور (هو أو امتداده) ينعكس على نفسه لأنه سقط متعامداً مع المرآة أي زاوية سقوطه تساوي صفراً ، كما في الشكل (٨٢) .



شكل (٨٢)

- الشعاع الساقط بزاوية معينة على قطب المرآة ينعكس صانعاً مع المحور الأصلي نفس الزاوية التي صنعها الشعاع المنعكس كما في الشكل (٨٣) .



شكل (٨٣)

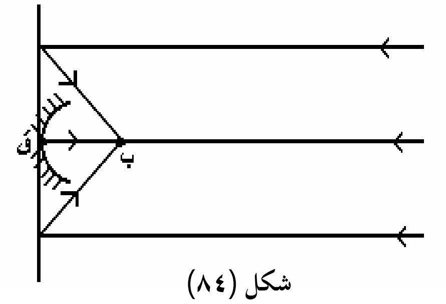
س = ص ، أ = ب

الأشعة الأساسية المذكورة في المبحث السابق هي التي يستعان بها في إيجاد مكان الـــصورة المتكونة لجسم موضوع أمام المرآة الكرية ، فكيف يكون ذلك ؟

١٤/ إيجاد خواص الصورة المتكونة بواسطة المرآة المقعرة بالرسم :

أولاً : الجسم في ما لا نهاية انظر شكل (٨٤) .

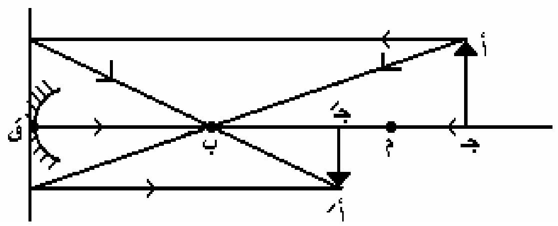
خواص الصورة : حقيقية ، مقلوبة ، مصغرة جداً في البؤرة الأصلية .



شكل (٨٤)

ثانياً : الجسم على بعد أكبر من مركز التكور ، أنظر شكل (٨٥) .

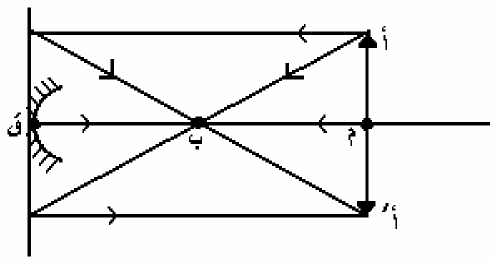
خواص الصورة : حقيقية ، مقلوبـــة ، مصغرة .



شكل (٨٥)

ثالثاً : الجسم في مركز التكور ، انظـــر الشكل (٨٦) .

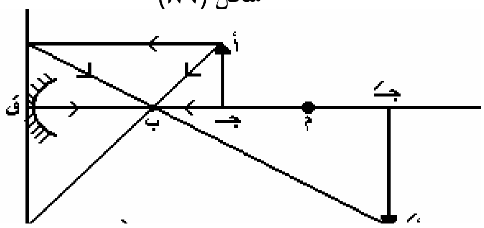
خواص الصورة : حقيقيـــة ، مقلوبـــة ، مساوية للجسم .



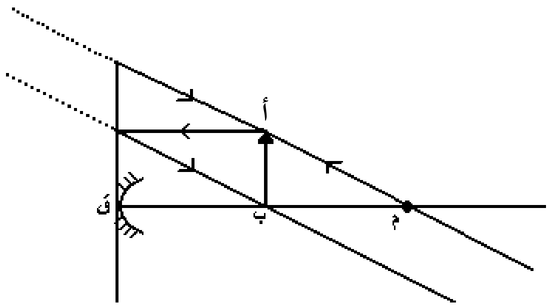
شكل (٨٦)

رابعاً : الجسم بين البؤرة الأصلية ومركز التكور ، انظر شكل (٨٧) .

خواص الصورة : حقيقية ، مقلوبة ، مكبرة .



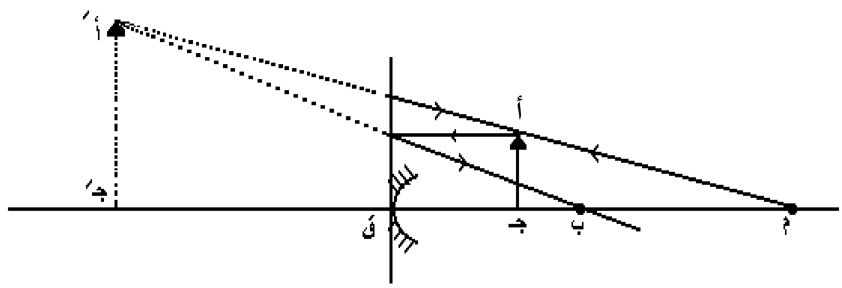
خامساً : في البؤرة الأصلية ، انظـــر شكل (٨٨) .



شكل (٨٨)

خواص الصورة : الصـــورة في ما لا نهايـــــــــــة .

سادساً : الجسم بين البؤرة الأصلية وقطب المرآة ، انظر شكل (٨٩) .



شكل (٨٩)

خواص الصورة : خيالية ، معتدلة ، مكبرة .

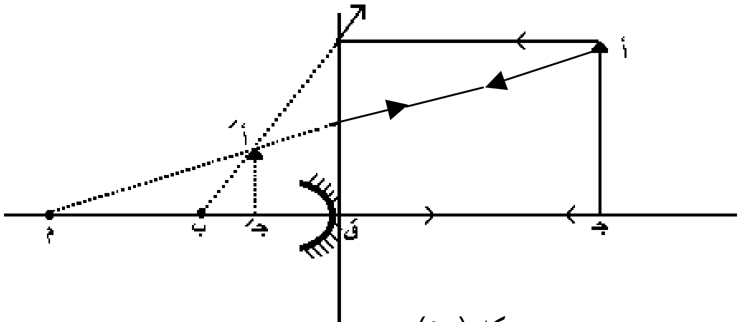
في جميع الأشكال أعلاه :

ق: قطب المرآة ، ب : البؤرة الأصلية ، م : مركز التكـــور ، أ جـــــ : الجـــسم ، اَ جـَ : الصورة .

١٥/ إيجاد خواص الصورة المتكونة بواسطة المرآة المحدبة بالرسم :

لأن خواص الصورة المتكونة بواسطة المرآة المحدبة خواص ثابتة مهما تغيّر بعد الجسم من المرآة لذلك سنكتفي بذكر حالتين من الحالات الست المذكورة في المرآة المقعرة .

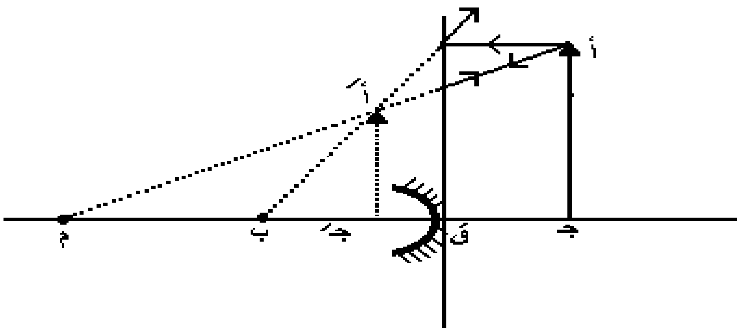
الجسم على بعد أكبر من البعد البؤري ، انظر شكل (٩٠) .



شكل (٩٠)

خواص الصورة : خيالة ، معتدلة ، مصغرة بين البؤرة الأصلية وقطب المرآة .

الجسم على بعد أقل من البعد البؤري انظر شكل (٩١).



شكل (٩١)

خواص الصورة : خيالية ، معتدلة ، مصغرة ، بين البؤرة الأصلية وقطب المرآة

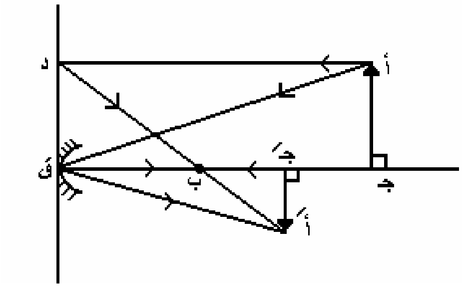
١٦/ استنتاج القانون العام للمرآة الكرية :

القانون العام للمرآة الكرية ينص على :

$$\frac{١}{\text{البعد البؤري (ع)}} = \frac{١}{\text{بعد الجسم (س)}} + \frac{١}{\text{بعد الصورة (ص)}}$$

أولاً : بالنسبة للمرآة المقعرة :

إذا وضع جسم متعامداً مع المحور الأصلي وعلى بعد أكبر من البعد البؤري تتكون له صورة كما في شكل (٩٢) .



شكل (٩٢)

في الشكل :

أ جـ ≡ طول الجسم ، اَ جَـ ≡ طول الصورة ، جـ ق ≡ بعد الجسم (س) ، جـَ ق ≡ بعد الصورة (ص) ، ب ق ≡ البعد البؤري (ع) .

في الشكل أيضاً :

المثلثان (اَ جـَ ق) ، و (أجـ ق) متشابهان (كيف ؟)

ومن التشابه ينتج :

$$\frac{\text{اَ جـَ}}{\text{أ جـ}} = \frac{\text{جـَ ق}}{\text{جـ ق}} = \frac{\text{ص}}{\text{س}} \qquad (١)$$

بالمثل المثلثان: (اَ جـَ ب) ، (د ق ب) متشابهان (كيف ؟) .

ومن التشابه ينتج :

$$\frac{\text{اَ جـَ}}{\text{د ق}} = \frac{\text{جـَ ب}}{\text{ب ق}} \qquad (٢)$$

جـَ ب = ص − ع

أ د ق جـــ متوازي أضلاع ، إذاً أ جـــ = د ق

وبالتعويض في العلاقة (٢) تصبح كالآتي :

ص - ١	**ص** —	اَ جـَ	
ع	**ع** / ع	أ جـــ	(٣)

(في الصندوق: اَ جـَ / أ جـــ = ص / ع = ص - ١ / ع)

من العلاقة (١) ، (٢) ينتج :

-	=	
١	ع	س

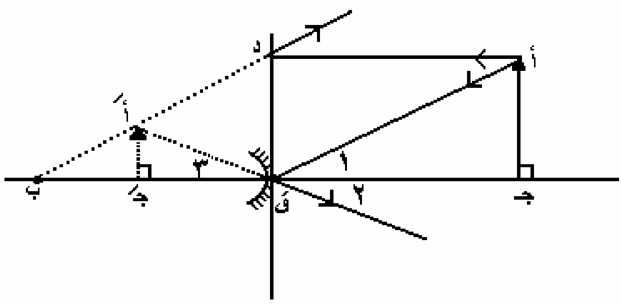
بقسمة جميع الحدود على (ص)

		=	
ص	ع		س

و هو المطلوب	**ص**	**س** =	ع

حيث أن: (ع) هي البعد البؤري ، (س) هي بعد الجسم ، (ص) هي بعد الصورة .

ثانياً : بالنسبة للمرآة المحدبة :



شكل (٩٣)

عندما يوضع جسم أمام مرآة محدبة متعامداً مع محورها الأصلي تتكون له صورة خيالية كما في شكل (٩٣).

في الشكل أعلاه :

المثلثان: (اَجـَ ق)، و(أجـ ق) متشابهان (كيف ؟) . ومن التشابه ينتج:

$$\frac{\text{اَجـَ}}{\text{أجـ}} = \frac{\text{جـَ ق}}{\text{جـ ق}} = \frac{\text{ص}}{\text{س}} \qquad (١)$$

وبالمثل : المثلثان : (اَ جـَ ب) ، و(د ق ب) متشابهان (كيف ؟) ومن التشابه ينتج:

$$\frac{\text{اَجـَ}}{\text{د ق}} = \frac{\text{جـَ ب}}{\text{ب ق}} \qquad (٢)$$

جـَ ب = ع - ص

أ د ق جـ متوازي أضلاع

أ جـ = د ق

وبالتعويض في العلاقة (٢) تصبح كالآتي :

$$\frac{\text{جـَ}}{\text{أجـ}} \; \frac{-\text{ص}}{\text{س}} = -\frac{١}{\text{ع}} \qquad (٣)$$

من (١) ، (٢) ينتج :

بقسمة جميع الحدود على ص ينتج

	١	
____	=	____
س	-	ع

____	=	____	.	____
س		ص		ع

مع مراعاة إشارة ص ، ع السالبتين يصبح شكل القانون كالآتي :

وهو المطلوب

____	=	____	.	____
ع		**س**		**ص**

ملاحظة : إذا رجعت إلى العلاقة (١) في الحالتين السابقتين فإنه يمكن كتابتها لفظياً كالآتي :

		بعد
ول الصورة	=	**الصورة**
طول الجسم		بعد الجسم

وهو ما يعرف بقانون التكبير العام ومنه يمكن استنتاج الآتي :

$$\text{التكبير} = \frac{\textbf{طول الصورة}}{\text{طول الجسم}}$$

أو

$$\text{التكبير} = \frac{\textbf{بعد الصورة}}{\text{بعد الجسم}}$$

١٧/ قاعدة الإشارات :

قاعدة الإشارات تنص على (كل مسافة أمام المرآة موجبة وكل مسافة خلفها سالبة) .
وبناءً على ذلك ينبغي عند تطبيق القانون العام للمرايا مراعاة الآتي :

١. بعد الصورة الحقيقة بالموجب بينما بعد الصورة الخيالية بالسالب .
٢. بعد الجسم الحقيقي بالموجب بينما بعد الجسم الخيالي بالسالب .
٣. البعد البؤري للمرآة المقعرة بالموجب بينما البعد البؤري للمرآة المحدبة بالسالب .

مثال (١) :

مرآة لامة نصف قطرها ٤٠ سم وضع أمامها جسم مرة على بعد ٣٠ سم وأخرى على بعد ١٠ سم أحسب بعد وتكبير الصورة المتكونة .

الحل :

أولاً : الجسم على بعد ٣٠ سم .

$$ع = \frac{ق}{٢} = \frac{٤٠}{٢} = ٢٠ \text{ سم}$$

$$\frac{}{ع} = \frac{١}{س} \quad \frac{}{ص}$$

$$\frac{}{٢٠} = \frac{١}{٣٠} \quad \frac{}{ص}$$

ومنها ص = ٦٠ ، بعد الصورة = ٦٠ سم

كبير الصورة = $\frac{}{س}$ = $\frac{٠}{٣٠}$ ٢

ثانياً : الجسم على بعد ١٠ سم

$\frac{}{٢٠}$ = $\frac{}{١٠}$ $\frac{}{ص}$ ، ومنها ص = -٢٠

الإشارة السالبة تعني أن الصورة خيالية

بعد الصورة = ٢٠ سم

كبير الصورة = $\frac{}{س}$ = $\frac{٠}{١٠}$ ٢

مثال (٢) :

وضع جسم أما مرآة كرية على بعد ٢٠ سم فتكونت له صورة خيالية مصغرة على بعد ١٥ سم ما نوع المرآة ؟ وما بعدها البؤري ؟

الحل :

Q الصورة خيالية ومصغرة

∴ نوع المرآة محدبة

$\frac{}{ع}$ = $\frac{}{س}$ $\frac{}{ص}$

$$\frac{}{ع} = \frac{١}{٢٠} \qquad \frac{}{١٥}$$

ومنها = -٦٠

الإشارة السالبة تعني أن المرآة محدبة .

البعد البؤري للمرآة = ٦٠ سم

مثال (٣) :

جسم طوله ١٢ سم وضع أفقياً على المحور الأصلي لمرآة مقعرة نصف قطر تكورهـــا ٣٠ سنتيمتراً فإذا كان بعد الطرف القريب للجسم ١٨ سم . أحسب تكبير الصورة الناتجة .

الحل :

عندما يوضع الجسم أفقياً على المحور الأصلي يختلف بعد طرفاه من المرآة .

فإذا كان بعد الطرق القريب = ١٨ سم .

إذاً بعد الطرف البعيد = ١٨ + ١٢ = ٣٠ سم .

بالنسبة للطرف القريب :

$$ع = \frac{ق}{٢} = \frac{٣٠}{٢} = ١٥ \text{ سم}$$

$$\frac{}{ع} = \frac{١}{س} \qquad \frac{١}{ص_١}$$

ص١ : بعد صورة الطرف القريب

$$\frac{}{١٥} = \frac{}{١٨} \qquad \frac{١}{ص_{١}}$$ ومنها ص١ = ٩٠ سم

بالنسبة للطرف البعيد :

$$\frac{}{١٥} = \frac{}{٣٠} \qquad \frac{١}{ص_{٢}}$$ ص٢ : بعد صورة الطرف البعيد

ومنها ص٢ = ٣٠ سم

طول الصورة المتكونة = ٩٠ - ٣٠ = ٦٠ سم

الأسئلة والتمارين :

١/ مرآة مقعرة بعدها البؤري ٢٠ سم وضع أمامها جسم على بعد ٤٠ سم ، أحسب بعد وتكبير الصورة المتكونة .

٢/ وضع جسم على بعد ٦٠ سم من مرآة محدبة نصف قطر تكورها ٦٠ سم أحسب بعد وتكبير الصورة الناتجة .

٣/ مرآة مقعرة بعدها البؤري ١٥ سم وضع جسم أمامها وعلى بعد ١٢ سم منها ، ما هو بعد الصورة المتكونة ؟ وما هي صفاتها ؟

٤/ مرآة لامة بعدها البؤري ١٠ سم وضع أمامها جسم فتكونت له صورة خيالية طولها ٥ سم وعلى بعد ٣٠ سم من المر آة . أحسب بعد وطول الجسم .

٥/ يبعد جسم ٦٠ سم من مرآة كرية فإذا تكونت للجسم صورة معتدلة ومكبرة ٢ ١/٢ مرة . ما نوع المرآة ؟ وما نصف قطر تكورها ؟

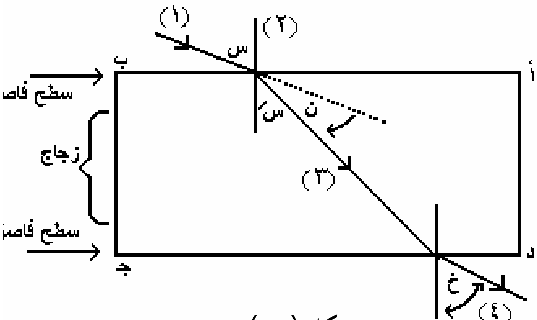
٥/ وضع جسم أمام مرآة كرية فتكونت له صورة خيالية ومكبرة مرتين وعلى بعد ٣٠ سم من الجسم ما نوع المرآة ؟ وما بعد الجسم منها ؟ ومن ثم أحسب البعد البؤري للمرآة .

انكسار الضوء

تمهيد :

إذا انتقل الضوء من وسط شفاف كالهواء مثلاً لآخر مختلف عنه كالماء مثلاً فإنه ينحرف عن مساره . تعرف هذه الظاهرة بالانكسار . تحدث ظاهرة انكسار الضوء نتيجة لاختلاف سرعة الضوء عندما ينتقل من وسط لآخر . ومن الظواهر الطبيعية التي يسببها انكسار الضوء تغيير أشكال الأشياء داخـــل الـــماء ، وبعـــدها حسب ما يتراءى للمـــشاهد أو رؤيتـــها وكأنها مكسورة .

١/ مصطلحات خاصة بالانكسار :



شكل (٩٤)

في الشكل المقابل :

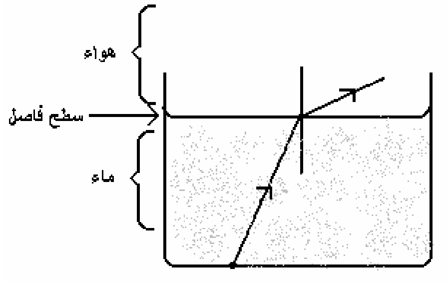
أ ب جـــ د يمثل متوازي مستطيلات من الزجاج

- (١) يمثل الشعاع الساقط .
- (٢) يمثل العمود المقام عند نقطة السقوط .
- (٣) يمثل الشعاع المنكسر .
- (٤) يمثل الشعاع الخارج .
- س تمثل زاوية السقوط
- سَ تمثل زاوية الانكسار .
- ن تمثل زاوية الانحراف .
- خ تمثل زاوية الخروج .
- الكثافة الضوئية هي مقدرة الوسط على كسر الشعاع الضوئي .

مقدار الكثافة الضوئية يختلف من وسط لآخر ، ومن نتائج التجارب التي أجريت الآتي:

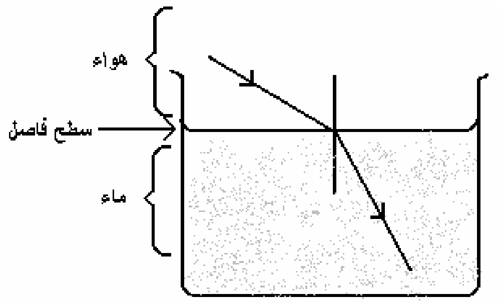
١/ عندما ينتقل الشعاع الضوئي من وسط كبير الكثافة الضوئية (كالمـــاء مـــثلاً) إلى آخر أقل كثافة ضوئية (كالهواء مثلاً) فإن الـــشعاع الـــضوئي ينكـــسر مبتعـــداً مـــن

العمود المقام عند نقطة السقوط كما في شكل (٩٥) وعندئذ تكون زاوية الانكسار أكبر من زاوية السقوط .



شكل (٩٥)

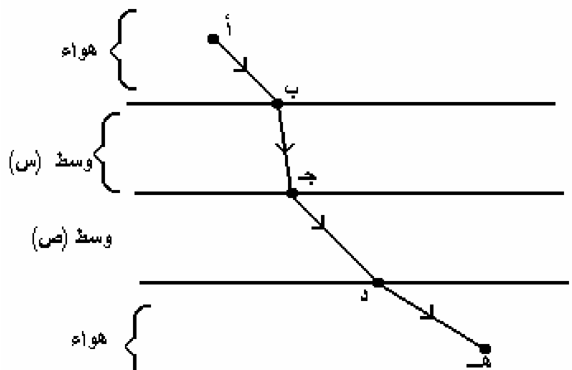
٢/ وعندما ينتقل الشعاع الضوئي من وسط قليل الكثافة الضوئية إلى آخر كبير الكثافة الضوئية فإنه ينكسر مقترباً من العمود المقام عند نقطة السقوط شكل (٩٦) وعندئذ تكون زاوية السقوط أكبر من زاوية الانكسار .



شكل (٩٦)

٢/ مبدأ رجوع الضوء (نظرية عكسية الضوء) :

هذه النظرية تكاد تكون العمود الفقري الذي يعتمد عليه في معظم الأسئلة والمشكلات الضوئية ففي الشكل (٩٧) يعتبر (أ) مصدراً للضوء وعليه ينطلق الشعاع الضوئي في الاتجاه (أ ب جـ د هـ) وإذا عُكس موضع مصدر الضوء وأصبح في (هـ) ينص مبدأ رجوع الضوء على أن الضوء يرجع في نفس المسار ، ولكن في الاتجاه (هـ د جـ ب أ) وبناءً على هذا المبدأ ليس من الضروري تصنيف (زاوية السقوط) (زاوية الانكسار) ، (زاوية الخروج) بل يكفي التحدث عن (زاوية الوسط فقط) .



شكل (٩٧)

٣/ قانونا انكسار الضوء :

١/ الشعاع الساقط والشعاع المنكسر والعمود المقام عند نقطة السقوط تقع جميعها فى مستوى واحد يتعامد مع السطح الفاصل .

٢/ إذا انتقل الضوء من وسط لآخر فإن النسبة بين جيب زاوية السقوط (س) إلى جيب زاوية الانكسار (سَ) لهذين الوسطين تساوي مقداراً ثابتاً . يعرف القانون الثاني بقانون سنل (SNELL) نسبة للعالم سنل الذي كان أول من اكتشفه .

القانون الثاني يمكن صياغته بصورة رياضية كالآتي :

$$\frac{\text{جــا س}}{\text{جــا سَ}} = \text{مقدار ثابت}$$

المقدار الثابت يعرف بمعامل الانكسار (م)

$$\text{م} = \frac{\text{جـــاس}}{\text{جـــاسَ}}$$

حيث أن :

م ≡ معامل الانكسار

س ≡ زاوية السقوط

سَ ≡ زاوية الانكسار

٤/ معامل الانكسار المطلق ومعامل الانكسار النسبي :

$$\text{عامل الانكسار المطلق للمادة} = \frac{\text{جـــاس في الهواء أو الفراغ}}{\text{جـــاسَ في المادة}}$$

ومقداره ثابت بالنسبة للمادة الواحدة وهو أحد خصائصها مثل اللون والكثافة ... الخ .
أما معامل الانكسار النسبي فيمكن تعريفه كالآتي :

عامل الانكسار النسبي	**ـــاس للمادة (١)**
=	جـــاسَ في المادة (٢)

بشرط أن لا تكون إحدى المادتين هواءً . معامل الانكسار النسبي للمادة الواحدة يختلف في المقدار باختلاف المادة التي سقط منها الضوء .

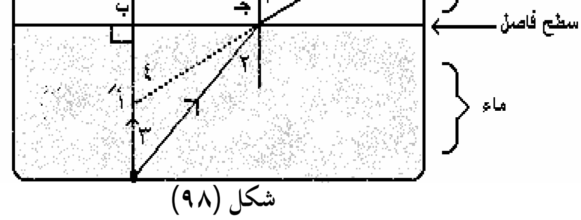
٥/ البعد الحقيقي والبعد الظاهري :

لماذا تبدو العصا المستقيمة مكسورة عند غمرها فى الماء بميلان ؟ولماذا تبدو السمكة فى الماء على عمق أقل من عمقها الحقيقي ؟ للإجابة على مثل هذه الأسئلة يمكننا أن نقـــول أن تلك المشاهدات المذكورة تحدث نتيجة لظاهرة انكسار الضوء ، ولكي تتفق ظاهرة الانكسار مع تلك المشاهدات لنفرض أن هناك جسماً مضيئاً (أ) في قاع إناء به ماء شكل (٢-٥) .

إن الأشعة الضوئية التي يرى بواسطتها الجسم (أ) تنطلق منه أولاً في الماء ثم تنتقل إلى الهواء وهي بذلك تعاني انكساراً ولهذا السبب فإننا لا نرى الجسم في موقعه الحقيقي بل نراه في موقع آخر يعرف بالموقع الظاهري ، ولتحديد الموقع الظاهري يكفى تتبع الشعاعين الآتيين :

١. الشعاع (أ ب) الساقط عمودياً على الـــسطح الفاصـــل ينفـــذ علـــى اســـتقامته ولا يعاني انكساراً.
٢. الشعاع (أ جـــ) الساقط بميلان على السطح الفاصل ينكسر مبتعداً من العمود المقام عند نقطة السقوط .

من شكل (٩٨) :
(أ ب) يمثل البعـــد الحقيقي ،
(أَ ب) يمثل البعد الظاهري .



شكل (٩٨)

وعلى حسب مبدأ رجوع الضوء

ـــا١

عامل انكسار الماء = ــــــــــ

ـــا٢

١ = ٤ تناظر

٢ = ٣ تبادل

جـــا٤ (هـــ)

معامل انكسار الماء = ــــــــــ

جـــا

٣

ب جـــ جـــا٤ = ــــــــــ من مثلث اَ ب جـــ جــ

جــ جـــا٣ = ــــــــــ من مثلث أ ب جـــ جــ

بالتعويض في العلاقة (هـــ) تصبح كالآتي :

ب **عامل انكسار الماء =** ــــــــــ **جــ**

فإذا نظرت العين رأسياً لأسفل عندئذ تنطبق (جـــ) مع (ب) وعليه :

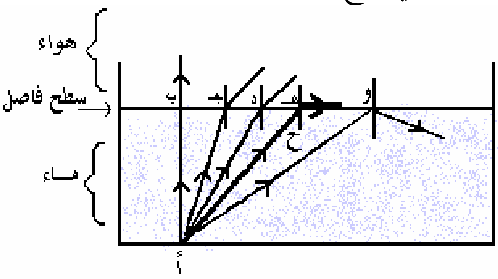
أ جـــ يصبح أ ب وهو البعد الحقيقي

اَ جـــ يصبح اَ ب وهو البعد الظاهري

$$\text{معامل الانكسار} = \frac{\text{البعد الحقيقي}}{\text{البعد الظاهري}}$$

٦/ الزاوية الحرجة والانعكاس الكلي الداخلي :

يوضح شكل (٩٩) مصدراً ضوئياً (أ) موضوعاً في قاع إناء به ماء تنطلـــق الأشـــعة الضوئية من هذا المصدر في جميع الاتجاهـــات يمكن تتبع بعضها على النحو التالي :



شكل (٩٩)

- الشعاع (أ ب) الساقط عمودياً علـــى السطح الفاصل ينفذ على استقامته .
- الشعاع (أ جـــ) الساقط بميلان ينكسر مبتعداً من العمود المقـــام عـــــند نقطـــة السقوط .
- الشعاع (أ د) لأن زاوية سقوطه أكبر من زاوية سقوط الشعاع (أ جـــ) ينكسر مبتعداً من العمود المقام عن نقطة السقوط بمقدار أكبر .

ومن هذا يتضح كلما زادت زاوية سقوط الشعاع زاد ابتعاد الشعاع المنكسر من العمود المقام عند نقطة السقوط وزاد اقترابه من السطح الفاصل .

- الشعاع (أ هـــ) ينكسر منطبقاً على السطح الفاصل تسمى زاوية السقوط فى هذه الحالة بالزاوية الحرجة (ح) .
- الشعاع (أ و) الساقط بزاوية أكبر من الزاوية الحرجة فإنه ينعكس انعكاساً كلياً داخلياً .
- ومما سبق يتضح لكي تحدث ظاهرة الانعكاس الكلي الداخلي لابد من توفر شرطين هما :

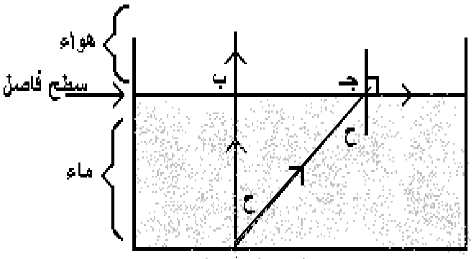
١/ أن ينتقل الشعاع الضوئي من وسط كبير الكثافة الضوئية إلى آخر قليل الكثافة الضوئية

٢/ أن تكون زاوية السقوط أكبر من الزاوية الحرجة .

ويمكن تعريف الزاوية الحرجة على هذا النحو :

هي زاوية سقوط في وسط كبير الكثافة الضوئية تقابلها زاوية انكسار مقدارها ٩٠ درجة في وسط قليل الكثافة الضوئية ، والزاوية الحرجة خاصية ثابتة لكل وسط ضوئي .

٧/ العلاقة بين معامل الانكسار والزاوية الحرجة (ح) :



شكل (١٠٠)

من شكل (١٠٠) :

(أ) مصدر ضوء .

(أ ب) شعاع ساقط عمودياً على الـــسطح الفاصل فإنه ينفذ على استقامته.

(أ جـــ) شعاع ساقط بمقدار الزاوية الحرجة فإنه ينكسر منطقياً على السطح الفاصل .

وعليه من الشكل (١٠٠) وعلى حسب مبدأ رجوع الضوء :

معامل انكسار الماء = $\frac{\text{جا ٩٠}}{\text{جا ح}}$ ، جا ٩٠ = ١

معامل الانكسار = $\frac{\text{١}}{\text{جا ح}}$

حيث (ح) تمثل الزاوية الحرجة .

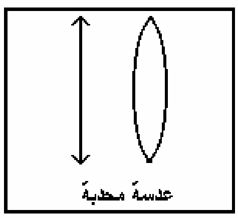
الأسئلة والتمارين :

١/ ما هما قانونا انكسار الضوء ؟
٢/ ما هو الفرق بين معامل الانكسار المطلق ومعامل الانكسار النسبي ؟
٣/ وضح بالرسم كيف تبدو الأجسام المغمورة في الماء على عمق أقل من عمقا الحقيقي .
٤/ ما هي الشروط المطلوبة لحدوث ظاهرة الانعكاس الكلي الداخلي ؟
٥/ كيف تفصل الزاوية الحرجة بين ظاهرتي انعكاس وانكسار الضوء ؟
٦/ سقط شعاع ضوئي على قطعة من الزجاج بزاوية مقدارها ٤٥ درجة فإذا كان معامل الانكسار المطلق للزجاج ٣/٢ أحسب زاوية سقوط الشعاع .
٧/ إذا كانت الزاوية الحرجة لوسط ما ٣٠ درجة ما مقدار معامل انكسار هذا الوسط .

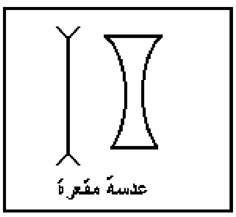
٨/ العـــدســـات

تمهيد :

العدسة جسم شفاف تصنع غالباً من الزجاج ، يحدها سطحان منحنيان ، تعمل العدسة على تجميع أو تفريق الأشعة التي تمر خلالها . ولعل أهمية العدسة في كونها واحدة من أهم أعضاء الجهاز البصري الأمر الذي جعل الإنسان يستخدم العدسة في معالجة عيوب الإبصار . يمكن تقسيم العدسات إلى نوعين أساسين هما العدسة المحدبة والعدسة المقعـــرة والشكلان (١٠١) ، (١٠٢) يوضحان ذلك .



شكل (١٠١)



شكل (١٠٢)

٩/ مصطلحات خاصة بالعدسات :

الشكل (١٠٣) والشكل (١٠٤) يوضحان المصطلحات الخاصة بالعدسات وهي :

١. المركز البصري وهو نقطة في منتصف العدسة .

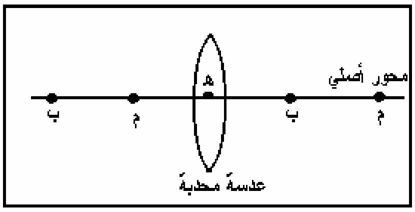
٢. مركز التكور (م) هو مركز الكرة التي كان السطح المنحني جزءاً منها ، لكلٍ من العدسة المحدبة والمقعرة مركزا تكور (م$_{1}$) ، (م$_{2}$) .

٣. المحور الأصلي هو المستقيم الواصل بين مركزي التكور .

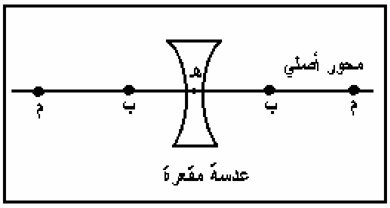
٤. البؤرة الأصلية (ب) هي نقطة على المحور الأصلي تلتقي عندها الأشعة المنكسرة (أو امتداداها) التي سقطت متوازية وموازية للمحور الأصلي وقريبة منه . لكلٍ من العدسة المحدبة والمقعرة بؤرتان أصليتان .

سؤال هل يمكنك استنتاج تعريف البؤرة الأصلية لكلٍ من العدسة المحدبة والمقعرة كلاًّ على حدة ؟

٥. البعد البؤري (ع) هو المسافة بين البؤرة الأصلية والمركز البصري .



شكل (١٠٣)



شكل (١٠٤)

في الشكلين أعلاه :

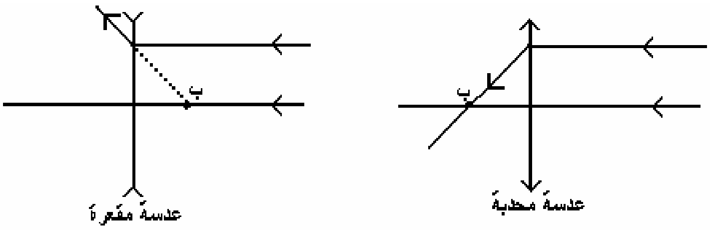
هـــ ≡ المركز البصري .

م ≡ مركز التكور .

ب ≡ البؤرة الأصلية .

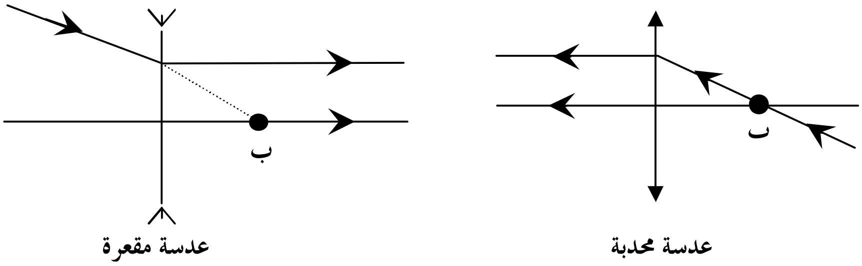
١٠/ أشعة ضوئية ذات خواص ثابتة :

q الشعاع الساقط موازياً للمحور الأصلي ينكسر ماراً بالبؤرة الأصلية (هو أو امتداده) كما في الشكل (١٠٥) .



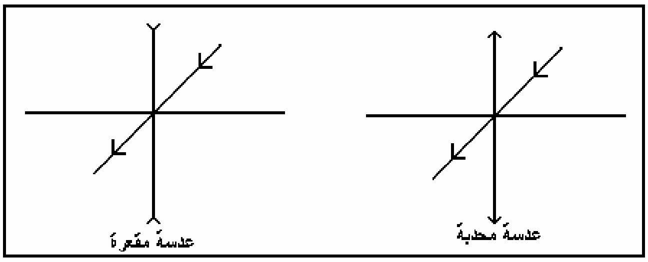
شكل (١٠٥)

- الشعاع الساقط ماراً بالبؤرة الأصلية (أو متجهاً نحوها) ينكسر موازيـــاً للمحـــور الأصلي كما في الشكل (١٠٦) .



شكل (١٠٦)

الشعاع الساقط ماراً بالمركز البصري ينفذ على استقامته كما في الشكل (١٠٧) .



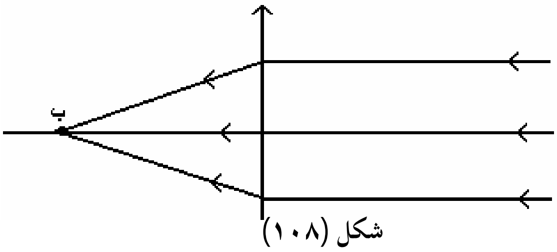
شكل (١٠٧)

الأشعة الأساسية المذكورة في المبحث السابق هي التي يستعان بها في إيجاد مكان الصورة المتكونة لجسم موضوع أمام العدسة فكيف يكون ذلك ؟

١١/ إيجاد خواص الصورة لجسم موضوع أمام عدسة محدبة بالرسم :

أولاً : الجسم في ما لا نهاية ، انظر شكل (١٠٨)

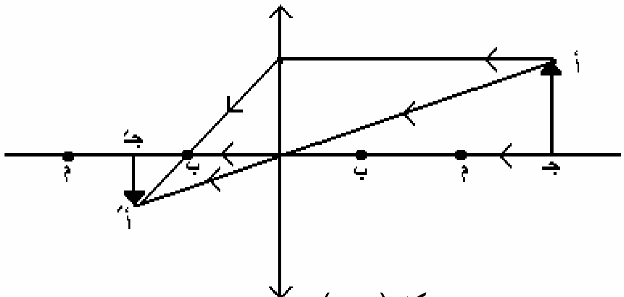
خواص الصورة :حقيقية ، مقلوبة ، مصغرة ، في البؤرة الأصلية .



شكل (١٠٨)

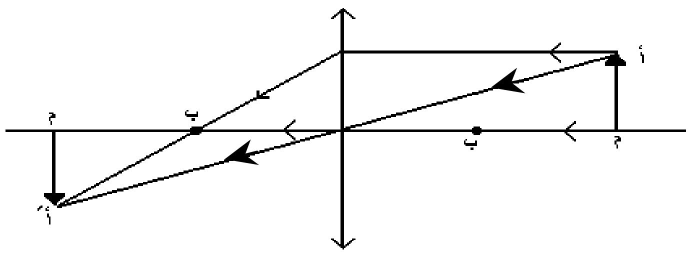
ثانياً: الجسم على بعد أكبر من مركز التكور ، انظر شكل (١٠٩) .

خواص الصورة :حقيقة ، مقلوبة ، مصغرة .



شكل (١٠٩)

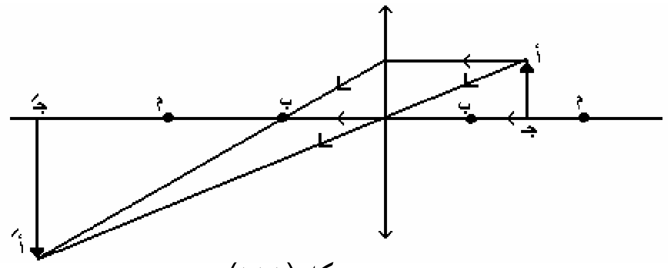
ثالثاً : الجسم في مركز التكور ، انظر شكل (١١٠) .



شكل (١١٠)

خواص الصورة :حقيقية ، مقلوبة ، مساوية للجسم ، في مركز التكور .

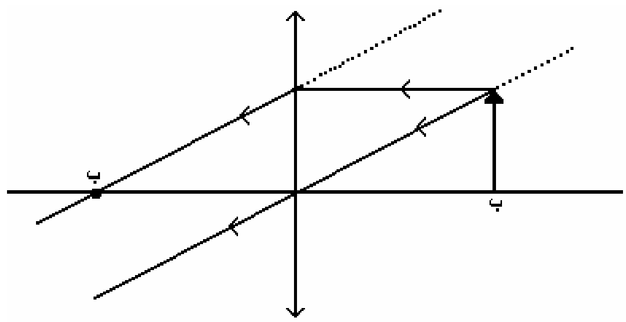
رابعاً : الجسم بين مركز التكور والبؤرة الأصلية ، انظر شكل (١١١) .



شكل (١١١)

خواص الصورة :حقيقية ، مقلوبة ، مكبرة .

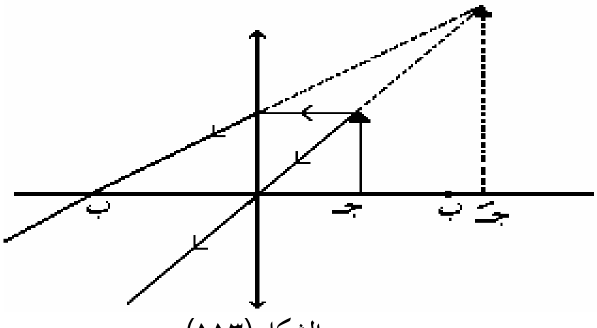
خامساً : الجسم في البؤرة الأصلية ، انظر شكل (١١٢) .



شكل (١١٢)

خواص الصورة : الصورة في ما لانهاية .

سادساً : الجسم بين البؤرة الأصلية والمركز البصري ، انظر شكل (١١٣) .



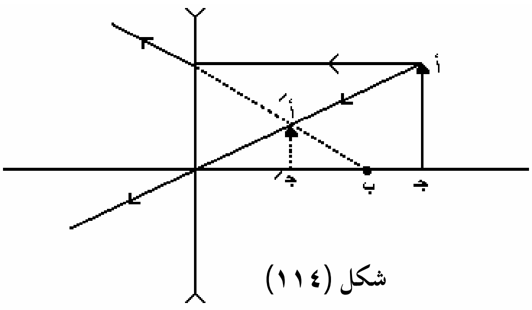
الشكل (١١٣)

خواص الصورة :خيالية ، معتدلة ، مكبرة .

مما سبق يتضح أن العدسة المحدبة تكون صورة للجسم ذات خواص مختلفة باختلاف موضع الجسم منها .

١٢/ خواص الصورة المتكونة لجسم موضوع أمام عدسة مقعرة بالرسم :

الجدير بالذكر بخصوص الصورة المتكونة بواسطة العدسة المقعرة أن صفات هذه الصورة ثابتة مهما تغير موضع الجسم بالنسبة للعدسة ، لذلك سنكتفي برسم حالة واحدة من الحالات الست وعليك أن ترسم الحالات الأخرى لتطمئن من أن صفات الصورة ثابتة لكل الحالات كما في شكل (١١٤) .



شكل (١١٤)

خواص الصورة : خيالية ، معتدلة ، مصغرة ، بين البؤرة الأصلية والمركز البصري .

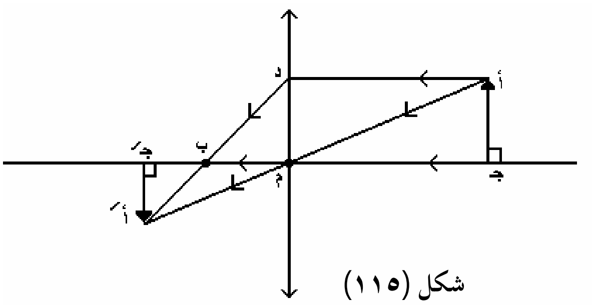
وهذه الخواص ثابتة بالنسبة لجميع حالات الجسم الست .

١٣/ استنتاج القانون العام للعدسات :

ينص القانون العام للعدسات على :

١ / البعد البؤري (ع)	=	١ / بعد الجسم (س)	+	١ / بعد الصورة (ص)

بالاستعانة بالشكل (١١٥) يمكن إيجاد العلاقة بين البعد البؤري وكلٍ من بعد الجسم وبعد الصورة.



شكل (١١٥)

ففي شكل (١١٥) :

أ جـــ طول الجسم ، أَ جَـــ طول الصورة ، جـــ م بعد الجسم (س)

جَـــ م بعد الصورة (ص) ، ب م البعد البؤري (ع) .

- من تشابه المثلثين (أ جـــ م) ، (أَ جَـــ م) نجد أن :

جَـــ / جـــ		ـــ م / ـــ م	=	ـــــ

(١)

- من تشابه المثلثين : (أَ جَـــ ب) ، (د م ب) نجد أن :

جَــ / م	ــ ب / م	(٢)

ا د م جـــ متوازي أضلاع فإن دم = أ جـــ

جــَ م = ص — ع

إذا يمكن التعويض في العلاقة (٢) والتي تصبح كالآتي :

جَــ / جــ	ــ ع	=	١	(٣)

من العلاقة (١) والعلاقة (٣) ينتج :

	=	١	**قسمة جميع الجدود على (ص) ينتج**

	=		**منها**

	=		**هو المطلوب**

بالرجوع للعلاقة (١) يمكن كتابتها لفظياً كالآتي :

طول الصورة	=	بعد الصورة

طول الجسم	بعد الجسم

يطلق على كلٍ من طرفي العلاقة أعلاه اسم التكبير :

$$\text{التكبير} = \frac{\textbf{طول الصورة}}{\text{طول الجسم}}$$

$$\text{أو التكبير} = \frac{\textbf{بعد الصورة}}{\text{بعد الجسم}}$$

عند تطبيق القانون العام للعدسات ينبغي مراعاة الإشارات الآتية :

- بعد الجسم الحقيقي بالموجب بينما بعد الجسم الخيالي بالسالب .
- بعد الصورة الحقيقية بالموجب بينما بعد الصورة الخيالية بالسالب .
- البعد البؤري للعدسة المحدبة بالموجب بينما البعد البؤري للعدسة المقعرة بالسالب .

مثال (١) :

وضع جسم على بعد ٣٠ سم من عدسة محدبة بعدها البؤري ١٥ سم أحسب بعد وتكبير الصورة . ثم صفها ؟

الحل :

س = ٣٠ سم ، ع = ١٥ سم ، ص = ؟

—— = —— ——

—— —— ——

=

٥ ٠

ومنهـــــا : ص = ٣٠

بعد الصورة = ٣٠ سم

$$\text{لتكبير} = \frac{\text{ص}}{\text{س}} = \frac{٣٠}{٣٠} = ١$$

الصورة : حقيقية ، مقلوبة ومساوية للجسم .

مثال (٢) :

وضع جسم على بعد ٣٠ سم من عدسة فتكونت له صورة خيالية مصغرة في نفـــس الجهة التي يوجد بها الجسم وعلى بعد ٢٠ سم ما نوع العدسة ؟ وما بعدها البؤري ؟

الحل :

Q الصورة خيالية ومصغرة

∴ نوع العدسة مقعرة

س = ٣٠ سم ، ص = -٢٠ سم ، لأن الصورة خيالية ، ع = ؟

— — = —

— — = — ٢٠ . **منها ، ع = - ٦٠**

الإشارة السالبة تعني أن العدسة مقعرة .

البعد البؤري = ٦٠ سم

الأسئلة والتمارين :

١/ عدسة محدبة بعدها البؤري ٢٥ سم وضع أمامها جسم يبعد منها ٤٠ سم ما بعد الصورة المتكونة ؟ وما هي صفاتها ؟

٢/ وضع جسم على بعد ١٢ سم من عدسة مقعرة فتكونت له صورة تبعد من العدسة ٤ سم أحسب البعد البؤري للعدسة .

٣/ (أ) وضع جسم أمام عدسة محدبة على بعد ٢٠ سم فتكونت له صورة حقيقية مكبرة ٤/١ مرة أحسب البعد البؤري للعدسة .

(ب) أين يجب أن يوضع جسم أمام عدسة محدبة بعدها البؤري ١٢ سم لتتكون له صورة خيالية مكبرة ٣ مرات .

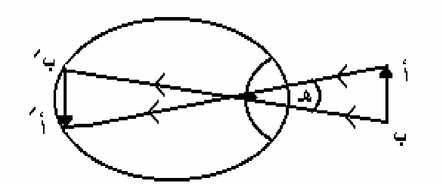
٤/ وضع جسم أمام عدسة محدبة بعدها البؤري ١٢ سم فتكونت له صورة مكبرة مرتين أحسب البعد بين الجسم والصورة المتكونة (هناك احتمالان هما الصورة مرة حقيقية والأخرى خيالية) .

٥/ عدسة بعدها البؤري ٢٠ سم أين يجب أن يوضع أمامها جسم لتتكون له صورة حقيقية مكبرة ٥ مرات . ثم أحسب البعد بين الجسم وتلك الصورة .

١٤/ الآلات البصرية

تمهيد :

من الأفضل قبل دراسة الآلات البصرية أن نتعرض لزاوية الإبصار وهي الزاوية الـــتي يحصرها طرفا الجسم مع المركـــز البـــصري لعدسة العين . مثلاً عندما تنظر العين للجسم (أ ب) تتم رؤيته عندما تقع صـــورته علـــى الشبكية ففي شكل (١١٦) تعتبر زاوية (هـــ) هي زاوية الإبصار .



شكل (١١٦)

ولما كانت هذه الزاوية صغيرة يمكن التعبير عنها بالتقدير الدائري على هذا النحو :

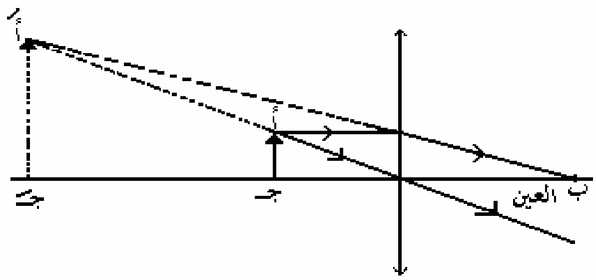
$$\text{زاوية الإبصار} = \frac{\text{طول الجسم}}{\text{بعد الجسم من العين}}$$

ومن البديهي إنه كلما اقترب الجسم من العين زادت زاوية إبصاره وبالتالي زاد تكـــبير صورته ، ولكن لهذا التقريب حد لا يمكن تجاوزه . وقد وجد أن أقرب نقطة للجسم الموضوع أمام العين بحيث تراه بوضوح تبعد ٢٥ سم من عين الإنسان السليمة . وهذه النقطة تعـــرف بالنقطة القريبة . ولذلك إذا أمكن زيادة زاوية الإبصار عن ذلك يمكن زيادة تكبير صـــورة الجسم وهذا هو الأساس الذي تنبني عليه فكرة الآلات البصرية .

أولاً : المجهر البسيط (المكبرة) :

المجهر البسيط عبارة عن عدسة محدبة بعـــدها البـــؤري صـــغير . يـــستخدم المجهـــر البسيط في رؤية الأجزاء الصغيرة وذلك بوضع الشيء المراد رؤيته علـــى بعـــد أقـــل مـــن

البعد البؤري للعدسة وعندئذٍ تتكون له صـــــورة خياليـــة ، معتدلـــة ومكـــبرة كمـــا في شكل (١١٧) .



شكل (١١٧)

قوة تكبير المجهر البسيط :

ضرب جميع الحدود في (ص) ينتج

التكبير ١ =

التكبير = ١

وبمراعاة الإشارة السالبة للصورة الخيالية .

وة التكبير في المجهر البسيط (ص + ١) =

ص تمثل النقطة القريبة للرؤية (٢٥ سم) .

قوة التكبير في المجهر البسيط = (٢٥ + ١)

أما إذا كان الجسم المراد رؤيته في البؤرة الأصلية عندئذٍ تكون الصورة في مـــا لا نهايـــة ويصبح التكبير في الجهاز على هذا النحو :

وة التكبير في المجهر البسيط ٥ =

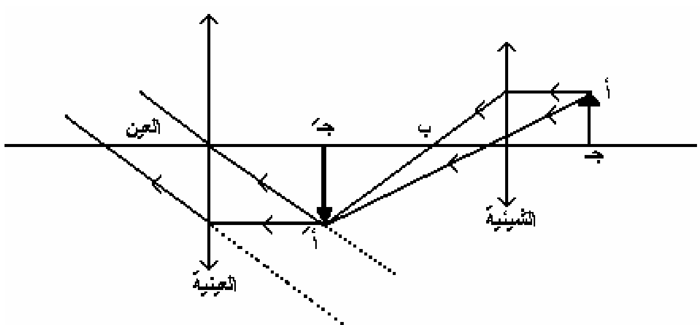
حيث ع هو البعد البؤري لعدسة المجهر البسيط .

ثانياً : المجهر المركب :

هناك أشياء صغيرة جداً كالجراثيم مثلاً لا يصلح المجهر البسيط لرؤيتها أو التعرف على أجزائها لأنها تحتاج إلى قوة تكبير تفـــوق تكـــبير المجهر البسيط وهـــذا لا يتوفـــــر إلا في المجهر المركب.

يتكون المجهر المركب من عدستين محدبتين إحداهما ذات بعد بؤري صغير جداً تعـــرف بالعدسة الشيئية (القريبة من الشيء)، والأخرى ذات بعد بؤري أكبر قليلاً تعرف بالعدسة العينية (الملاصقة للعين) .

- يوضع الجسم المراد رؤيته خارج البعد البؤري للعدسة الشيئية بقليل لتتكون له صـــورة حقيقية مقلوبة ومكبرة . تعتبر هذه الصورة بمثابة جسم بالنسبة للعدسة العينية .
- تضبط العدسة العينية بحيث تقع الصورة الأولى إما في بؤرتها الأصلية أو داخل بعـــدها البؤري بقليل لتتكون الصورة النهائية أما في ما لا نهاية أو في مكان محدد كما في الشكل (١١٨) والشكل (١١٩) .



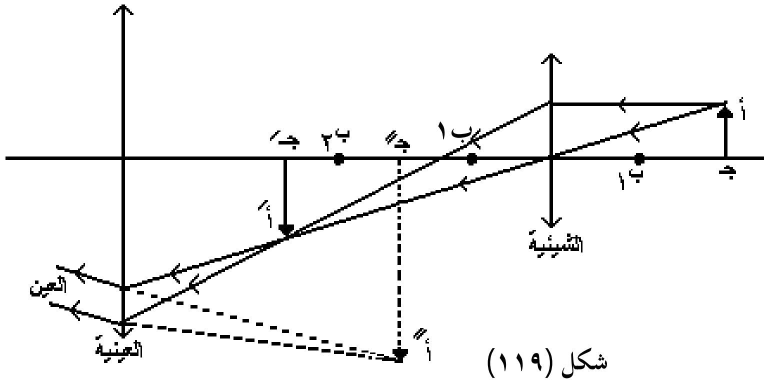
شكل (١١٨)

الصورة النهائية في ما لا نهاية .

أ جـــ الجسم ، اَ جــَ الصورة الأولى

جــَ البؤرة الأصلية للعينية .

ب البؤرة الأصلية للعدسة الشيئية .



شكل (١١٩)

أً جـً الصورة النهائية

ب١ البؤرة الأصلية للعدسة الشيئية

ب٢ البؤرة الأصلية للعدسة العينية

q المسافة بين العدستين تعرف بطول الجهاز ويمكن إيجادها كما يلي :

طول الجهاز = بعد الصورة الأولى من العدسة الشيئية + بعد نفس الصورة من العدسة العينية

قوة تكبير المجهر المركب :

Q العدستان الشيئية والعينية تشتركان في تكوين الصورة النهائية .

\ قوة تكبير المجهر المركب = تكبير العدسة الشيئية × تكبير العدسة العينية	(هـ)

$$\text{تكبير العدسة الشيئية} = \frac{\text{بعد الصورة (ص)}}{\text{بعد الجسم (س)}}$$

العدسة العينية تعمل كمجهر بسيط

$$\text{تكبير العدسة العينية} = \frac{٢٥}{\text{ع}}$$

وبالتعويض في العلاقة (هـــ) يصبح تكبير المجهر المركب على هذا النحو :

$$\text{قوة المجهر المركب} = \frac{\text{ص}}{\text{س}} \times \frac{25}{\text{ع}}$$

حيث أن :

ص : بعد الصورة الأولى من العدسة الشيئية

س : بعد الجسم من الشيئية .

ع : العبد البؤري للعدسة العينية .

لتكبير (من حيث هو) = ١

كبير العدسة الشيئية = ١ ١ ١

كبير العدسة العينية = (٢ + ١ / ٢)

الإشارة السالبة تعني أن الصورة خيالية

وبناءاً على ذلك يمكن التعبير عن العلاقة (هـــ) على هذا النحو :

$$\backslash \ \text{قوة تكبير المجهر المركب} = \left(\frac{\text{ص}_1}{\text{ع}_1} - 1 \right) \left(\frac{\text{ص}_2}{\text{ع}_2} + 1 \right)$$

حيث أن :

ص١ ≡ بعد الصورة الأولى من العدسة الشيئية

$ص_2 \equiv$ بعد الصورة النهائية من العدسة العينية

$ع_1 \equiv$ البعد البؤري للعدسة الشيئية

$ع_2 \equiv$ البعد البؤري للعدسة العينية

القانون بالصيغة أعلاه مباشرة يمكن تطبيقه إذا كانت الصورة النهائية في مكان محدد ، أما إذا كانت الصورة النهائية في ما نهاية تكون قوة تكبير العدسة العينية $25/ع_2$ وعندئذٍ يصبح القانون أعلاه على هذا النحو :

$$\text{قوة تكبير المجهر المركب} = -\left(\frac{ص_1 - 1}{ع_1}\right)\left(\frac{25}{ع_2}+1\right)$$

مثال :

مجهر مركب البعد البؤري لعدسته الشيئية ١سم ولعدسته العينية ٤ سم . وضـــع أمامـــه جسم على بعد ١,١ سم فتكونت صورته النهائية في ما لا نهاية أحسب:

أ. قوة تكبير الجهاز.

ب. طول الجهاز .

الحل :

بالنسبة للعدسة الشيئية

س = ١,١ سم ، ع = ١ سم ، ص = ؟

—— = —— ——

—— = ——— ——

١,

ومنها ص = ١١

كبير العدسة الشيئية = $\frac{}{}$ $\frac{١}{١,}$ ١٠ مرات

الصورة النهائية في ما لانهاية

كبير العدسة العينية = $\frac{٥}{}$ $\frac{٥}{}$ ٦,٢٥ مرة

قوة تكبير المجهر المركب = تكبير العدسة الشيئية × تكبير العدسة العينية

قوة التكبير = ١٠ × ٦,٢٥ = ٦٢,٥ مرة

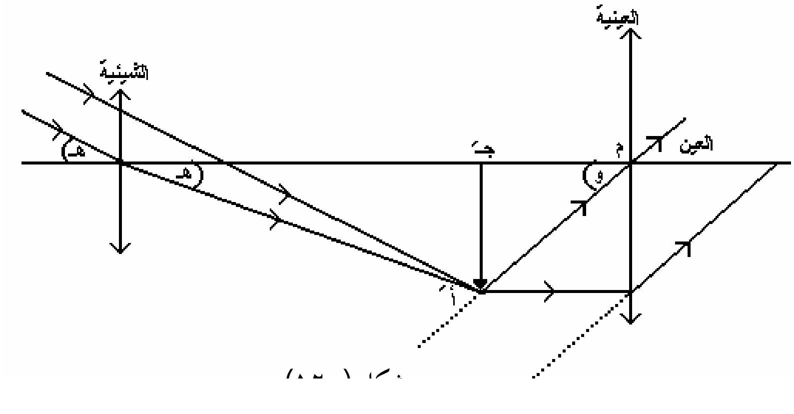
طول الجهاز = بعد الصورة الأولى من الشيئية + بعد نفس الصورة من العينية

طول الجهاز = ١١ + ٤ = ١٥ سم

ثالثاً المنظار الفلكي (المقراب) :

ربما لاحظت أن المجهر البسيط والمجهر المركب يستعملان لرؤية الأجسام الصغيرة والقريبة التي تكون في متناول اليد ، ولكن هناك أجسام كبيرة (كالنجوم والأجرام السماوية) والتي لا يمكن رؤيتها بوضوح بالمجهر البسيط أو المجهر المركب ، وإنما يستخدم لرؤيتها المنظار الفلكي الذي يتكون في أبسط أشكاله من عدستين محدبتين إحداهما تسمى العدسة الشيئية (التي تواجه الجسم المراد رؤيته) وهي ذات بعد بؤري كبير والأخرى تسمى العدسة العينية (الملاصقة للعين) ، وهي ذات بعد بؤري صغير .

- توجه العدسة الشيئية نحو الشيء المراد رؤيته لتتكون له صورة حقيقية مقلوبة فى البؤرة الأصلية للعدسة الشيئية .
- تضبط العدسة العينية بحيث تقع الصورة الأولى أما في بؤرتها الأصلية أو داخل بعدها



البؤري بقليل لتتكون الصورة النهائية أما في ما لا نهاية أو في مكان محدد كما في الشكل (١٢٠) والشكل (١٢١) .

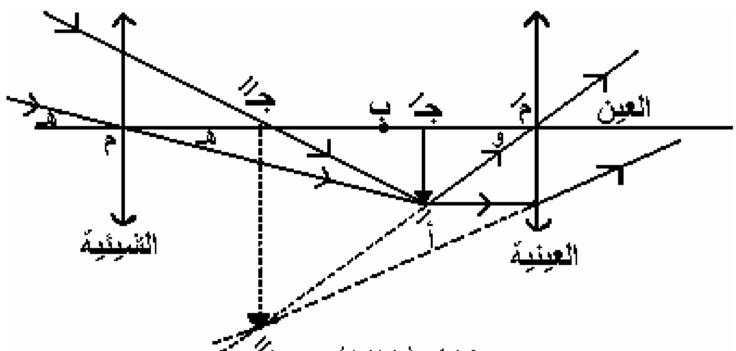
اَ جـَ : الصورة الأولى .

الصورة النهائية في ما لا نهاية .

جـَ : البؤرة الأصلية للعدسة الشيئية والعينية .

مَ : المركز البصري للعدسة العينية .

م : المركز البصري للعدسة الشيئية .



شكل (١٢١)

اَ جـَ : الصورة الأولى ، اً جـً الصورة النهائية .

م : المركز البصري للعدسة الشيئية .

جـَ : البؤرة الأصلية للعدسة الشيئية .

ب : البؤرة الأصلية للعدسة العينية .

مَ : المركز البصري للعدسة العينية .

في الشكلين (١٢٠) ، (١٢١) :

و : زاوية إبصار الصورة .

هـ : زاوية إبصار الجسم .

قوة تكبير المنظار الفلكي =	$\frac{\text{ظا إبصار الصورة (و)}}{\text{ظا إبصار الجسم (هـ)}}$

من المثلثين السابقين :

وة تكبير الجهاز = $\frac{\text{جـَ}}{\text{ـَ مَ}}$ $\frac{\text{جـَ}}{\text{ـَ م}}$ = $\frac{\text{ـَ م}}{\text{ـَ مَ}}$

جـَ م بعد الصورة الأولى من الشيئية

جـَ مَ بعد الصورة الأولى من العينية

يمكن التعبير عن قوة تكبير الجهاز الفلكي على هذا النحو :

قوة تكبير المنظار الفلكي =	$\frac{\text{بعد الصورة الأولى من الشيئية}}{\text{بعد نفس الصورة من العينية}}$

طول قصبة الجهاز = بعد الصورة الأولى من الشيئية + بعد نفس الصورة من العينية

إذا كانت الصورة النهائية في ما لا نهاية يمكن التعبير عن العلاقتين أعلاه على هذا النحو :

قوة تكبير المنظار الفلكي = $\frac{\text{ع ش}}{\text{ع ع}}$
طول قصبة الجهاز = ع ش + ع ع

حيث أن :

ع ش البعد البؤري للعدسة الشيئية

ع ع البعد البؤري للعدسة العينية .

أما إذا كانت الصورة النهائية في مكان محدد عندئذٍ لابد من حساب بعد الصورة الأولى من العينية وفى هذه الحالة يكون أقل من البعد البؤري للعينية .

مثال :

منظار فلكي البعد البؤري لعدسته الشيئية ١٠٠ سم ولعدسته العينية ٥ سم ، أحسب قوة تكبير الجهاز وطوله إذا كانت الصورة النهائية :

أولاً : في ما لا نهاية .

ثانياَ : على بعد ٢٥ سم من العدسة العينية .

الحل :

أولاً : إذا كانت الصورة النهائية في ما لا نهاية

قوة تكبير المنظار الفلكي = $\frac{\text{ع ش}}{\text{ع ع}}$

$\frac{١٠٠}{٥}$ = ٢٠ مرة

ع ش البعد البؤري للعدسة الشيئية .

ع ع البعد البؤري للعدسة العينية .

طول قصبة الجهاز = ع ش + ع ع = ١٠٠ + ٥ = ١٠٥ سم

ثانياً : إذا كانت الصورة النهائية على بعد ٢٥ سم

في هذه الحالة لابد من إيجاد بعد الصورة الأول من العينية

= **بعد الصورة الأول من العينية**

= **٥** **لإشارة السالبة تدل أن الصورة خيالية**

ومنها س = $^{٢٥}/_{٦}$ = $٤ \, ^{١}/_{٦}$

قوة تكبير الجهاز = ١٠٠ ÷ $\frac{٢٥}{٦}$ = $\frac{١٠٠ \times ٦}{٢٥}$

قوة تكبير الجهاز = ٢٤ مرة

طول قصبة الجهاز = ١٠٠ + $\frac{١}{٤}$ ٦ = $\frac{١}{٤}$ ١٠٦ سم .

الأسئلة والتمارين :

١/ مجهر مركب البعد البؤري لعدسته الشيئية ٣ سم ولعدسته العينية ٥ سم . إذا وضع جسم أمام العدسة الشيئية وعلى بعد ٣,٥ سم تكونت الصورة النهائية على بعد ٢٥ سم مـــن العدســـة العينية . أحسب قوة تكبير الجهاز وطوله .

٢/ مجهر مركب البعد البؤري لعدسته الشيئية ١ سم ، والبعد البؤري لعدسته العينيـــة ٥ ســـم ، استخدم لرؤيته جسم طوله واحد ملليمتر ويبعد من العدسة الشيئية ١,١ سم فـــإذا تكونـــت الصورة النهائية في ما لا نهاية ، أحسب:

أ. قوة تكبير الجهاز.

ب. طول قصبة الجهاز.

ج. طول صورة الجسم .

٣/ منظار فلكي البعد البؤري لعدسته الشيئية ٧٥ سم ولعدسته العينية ٥ سم ، أحسب قوة تكبير الجهاز وطوله إذا كانت الصورة النهائية :

أولاً : في ما لا نهاية .

ثانياً : على بعد ٢٥ سم من العينية .

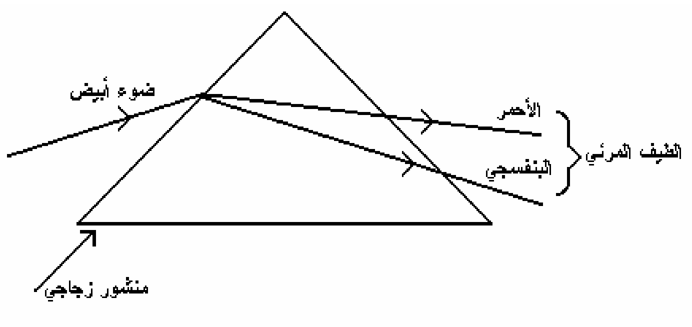
٤/ منظار فلكي البعد البؤري لعدسته الشيئية ٣٠ سم والبعد البؤري لعدسته العينيـــة ٥ ســـم ، أحسب قوة تكبير الجهاز وطوله إذا تكونت الصورة النهائية في ما لا نهاية .

١٥/ تحليل الضوء

من المشاهدات المألوفة في فصل الخريف ظهور حزمة من الألوان في الـــسماء تعـــرف (بقوس قزح) وهي ظاهرة ناتجة من تحليل ضوء الشمس . يمكن أن نحصل على نفس النتيجة إذا استقبلنا حزمة رفيعة من ضوء الشمس من خلال ثقب ضيق ثم تركناها تسقط على منشور زجاجي تشاهد إنها تتحلل إلى مجموعة ألوان تعرف بألوان الطيف المرئي (المنظور) .

تبدأ هذه الألوان باللون الأحمر وتنتهي باللون البنفسجي ، ويمكن ملاحظة أن ترتيب هذه الألوان حسب وجودها في الطبيعة على هذا النحو :

أولاً : اللون الأحمر ، فالبرتقالي ، فالأصفر ، فالأخضر ، فـــالأزرق ، فـــالنيلي ، وأخـــيراً البنفسجي . شكل (١٢٢) .



شكل (١٢٢)

ملاحظات :

أ. أقرب الألوان لرأس المنشور هو اللون الأحمر .
ب. أقرب الألوان لقاعدة المنشور هو اللون البنفسجي .
ج. أقل معامل انكسار هو معامل انكسار اللون الأحمر .
د. أكبر معامل انكسار هو معامل انكسار اللون البنفسجي .
ه. أقل طول موجي هو طول موجة اللون البنفسجي .
و. أكبر طول موجي هو طول موجة اللون الأحمر .

ز. توجد أشعة غير مرئية في المنطقة قبل اللون الأحمر من أمثلتها بالأشعة تحـــت الحمراء ، كما توجد أشعة أخرى غير مرئية في المنطقة بعد اللون البنفسجي تعرف بالأشعة فوق البنفسجية

الأشعة تحت الحمراء :

هي أشعة غير مرئية توجد في منطقة ما قبل اللون الأحمر . يمكن الكشف عن الأشـــعة تحت الحمراء بأثرها الحراري ، وتتميز بقدرتها على اختراق الغيوم ولذلك تستخدم في التصوير للكشف عن مواقع طائرات العدو . كما تستخدم في علاج الروماتزم نسبة لما تمتاز به مـــن خواص حرارية .

الأشعة فوق البنفسجية :

هي أشعة غير مرئية توجد في منطقة ما بعد اللون البنفسجي ، ويمكن الكشف عنـــها بتأثيرها الكيميائي (خاصة تفاعلها مع أملاح الفضة) وتتميز بقصر طولها الموجي ومن أهم استخداماتها :

١/ تدخل في عملية التمثيل الضوئي الظاهرة التي يصنع بواسطتها النبات غذاءه .
٢/ تساعد جلد الإنسان على تكوين فيتامين (د) بشرط أن يتعرض لها بكميات قليلة .
٣/ لها طاقة عالية (ترددها عالي) تجعلها قادرة على إبادة الميكروبات والجـــراثيم ولهـــذا تستخدم في تعقيم المواد الغذائية .
٤/ تنفذ خلال الماس (حجر كريم) ولذلك تستخدم في الكشف عنه .
٥/ تستخدم في تصوير الدقيق كتصوير البصمات مثلاً .

من مضارها :

١/ تسبب (عمي الثلج) في المناطق القطبية حيث يكثر الثلج .
٢/ تقلل من المناعة ضد مرض الـــسحـــائي (الحمـــي الـــشوكية) الـــتي تكثـــر في المناطق الحارة .

١٦) الطيف الكهرومغناطيسي :

يتكون الطيف الكهرومغناطيسي من مجموعة كبيرة ومتنوعة من الأمواج نذكر بعضاً منها وهي:

١/ أمواج الطيف المرئي (ألوان الطيف المرئي السبعة) .

٢/ أمواج الأشعة تحت الحمراء وأمواج الراديو .. (توجد هذه الإشعاعات فى المنطقة قبل اللون الأحمر) .

٣/ أمواج الأشعة فوق البنفسجية والأشعة السينية ... (توجد هذه الإشعاعات فى المنطقة بعد اللون البنفسجي) .

تشترك أمواج الطيف الكهرومغناطيسي في عدة خواص من أهمها :

١/ تنتشر في الفضاء في خطوط مستقيمة وبسرعة الضوء التي تبلغ ٣ × ١٠^٨ متر/الثانية .

٢/ قابلة للانعكاس والانكسار .

٣/ قابلة للتداخل والحيود .